

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**
Hornicko – geologická fakulta
Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

**NÁVRH NA ZMĚNU PARAMETRŮ TRHACÍCH PRACÍ
V DP LIETA VSKÁ SVINNÁ - STUDIE**

diplomová práce

Autor:

Bc. Michal Moskál

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Milan Mikoláš, Ph. D.

Ostrava 2010

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Moskál'**

Studijní program: N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor: 2102T012 Využívání zdrojů stavebních nerostných surovin

Téma: **Návrh na změnu parametrů trhacích prací v DP Lietavská Svinná- studie**
The general technical project of blasting in lime stone quarry Lietavská Svinná - change of parameters, economic evaluation

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce bude navržení a zdůvodnění změny dosud používaných parametrů při trhacích pracích velkého rozsahu v lomu Lietavská Svinná ve Slovenské republice. Práci strukturujte v následujících kapitolách:

1. Úvod
2. Současný stav provádění trhacích prací v lomu Lietavská Svinná
3. Návrh racionálního řešení změny parametrů trhacích prací s odůvodněním tohoto návrhu
4. Technicko-ekonomické a ekologické vyhodnocení navrženého řešení
5. Závěr

Rozsah práce: 30 - 35 stran textu

Seznam doporučené odborné literatury:

DOJČÁR, Ondrej. HORKÝ, Jiří. KOŘÍNEK, Robert. Trhacia technika. 1 vyd. Ostrava : Montanex, 1996. 421 s. ISBN 80-85780-69-0.

KRYL, Václav a kol. Povrchové dobývání ložisek. 1. vyd. Ostrava : VŠB Technická univerzita Ostrava, 1997. 282 s. ISBN 80-7078-396-6.

MÜNCNER, Eduard a kol.: Príručka pre strelmajstrov a technických vedúcich odstrelov-Banská Bystrica, 2006. Slovenská spoločnosť pre trhacie a vŕtacie práce 341 s. ISBN 80-968748-4-5

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Milan Mikoláš, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2009

Datum odevzdání: 30.04.2010

prof. Ing. Pavel Prokop, CSc.
vedoucí institutu

prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- *Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.*
- *Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121 / 2000 Sb. - Autorský zákon, zejména § 35 - využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 - školní dílo*
- *Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3)*
- *Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO*
- *Bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona*
- *Bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO vynaloženy na vytvoření díla (až do jeho skutečné výše)*

V Ostravě 23.4.2010

Bc. Michal Moskál'

ANOTACE

V předložené práci jsou navrženy změny parametrů odstřelů v lomu Lietavská Svinná s cílem snížit výskyt nadrozměrných kusů horniny v rozvalu. V práci jsou popsány jednotlivé parametry odstřelů, které se dají použít na snížení výskytu nadměrných kusů horniny v rozvalu, a jejich použití při odstřelech v lomu Lietavská Svinná. V závěru práce je zhodnocen ekonomický a ekologický přínos navrhované změny parametrů trhacích prací.

Klíčová slova: trhací práce, parametry odstřelu, kusovost rubaniny

SUMMARY

In the present work are proposed changes of blasting parameters in the quarry Lietavská Svinná in order to reduce the occurrence of pieces of oversized rocks in the sprawl. The paper describes the various parameters of the shot, which can be used for reducing the incidence of excessive cuts in rock sprawl, and their use in quarry blasting in Lietavská Svinná. In conclusion, this work is to assess the economic and environmental benefits of proposed changes to the blasting parameters.

Keywords: blasting, blasting parameters, cuts after blasting

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	1
3. OBECNÉ ÚDAJE O KAMENOLOMU LIETAVSKÁ SVINNÁ	2
3.1 Charakteristika ložiska Lietavská Svinná	2
3.1.1 Geografie	2
3.1.2 Geologické a hydrologické poměry lokality, zásoby	2
3.1.3 Mocnost ložiska	3
3.1.4 Těleso dolomitu	3
3.1.5 Tektonické poměry	3
3.1.6 Hydrogeologické poměry	3
3.1.7 Geologické zásoby	4
4. VÝROBNÍ PROGRAM A POUŽITÍ VÝROBKŮ	5
4.1 Postup zpracování vápence z kamenolomu Lietavská Svinná	6
4.1.1 Zpracování v kamenolomu	6
4.1.2 Zpracování v závodě	6
5. TRHACÍ PRÁCE V KAMENOLOMU LIETAVSKÁ SVINNÁ – OBECNĚ	7
5.1 Rozsah platnosti	8
5.2 Odpovědnosti a pravomoci	8
5.3 Některé základní údaje současného GTP CO	8
5.3.1 Obecně	8
5.3.2 Vývrty a vrtné schémata	8
5.3.3 Výpočet parametrů odstřelu	9
5.3.4 Seznam použitých symbolů pro vzorce	9
5.3.5 Výpočet náloží	10
5.3.6 Výpočet koncentrace nálože	10
5.3.7 Výpočet měrné spotřeby trhaviny	10
5.3.8 Výpočet horizontální úsečky odporu v úrovni hlavy etáže první řady X (m).....	11
5.3.9 Výpočet délky vrtu	11
5.3.10 Výpočet úsečky nejmenšího odporu – záběr W (m)	11
5.3.11 Výpočet rozestupu vrtů v řadě a (m)	11
5.3.12 Výpočet záběru dalších řad b (m)	11
5.3.13 Výpočet horizontální úsečky odporu v úrovni hlavy etáže dalších řad X ₂ , X ₃ (m)	12
5.3.14 Výpočet provrtání vrtu pod úroveň etáže L _p (m)	12
5.3.15 Stanovení délky ucpávky L _u (m)	12
5.3.16 Výpočet hmotnosti sloupcové nálože jednoho vrtu (kg)	12
5.3.17 Roznětná soustava	13
5.3.18 Elektrický roznět	13

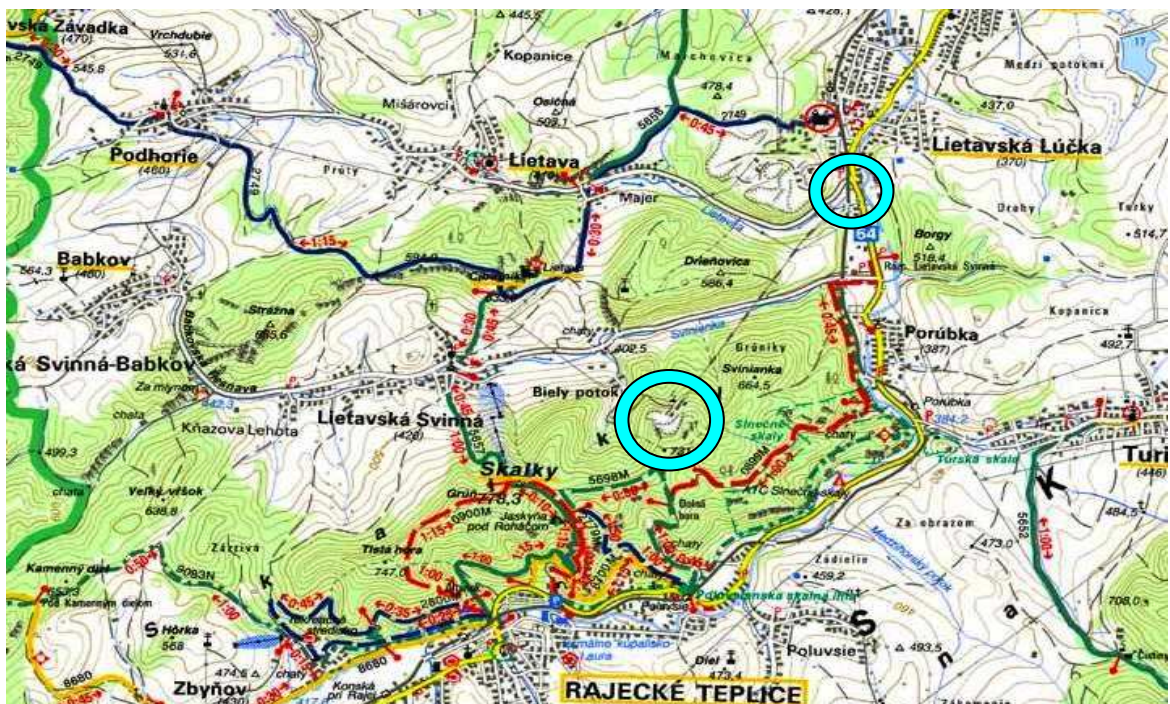
5.3.19	Kombinovaný roznět	13
5.3.20	Volba roznětnice	14
5.3.21	Výpočet odporu přírodního vedení $R_{hv}(\omega)$	14
5.3.22	Výpočet odporu roznětné sítě $R_s(\omega)$ a roznětného vedení $R_v(\Omega)$	14
5.3.23	Výpočet odporu roznětného vedení R_v zapojení sérioparalelné (ω)....	14
5.3.24	Výpočet časové konstanty vybíjení τ	15
5.3.25	Výpočet zážehového impulsu L_z (J / Ω)	15
5.3.26	Výpočet jistoty elektrického roznětu	15
6.	VYHODNOCENÍ SOUČASNÝCH VÝSLEDKŮ TRHACÍCH PRACÍ	15
7.	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KUSOVOST RUBANINY V Odstřelu	17
8.	HLAVNÍ PARAMETRY Odstřelů REGULUJÍCÍ STUPEŇ ROZPOJENÍ RUBANINY	17
8.1	Vliv měrné nálože (q) na kusovost rubaniny	18
8.2	Vliv záběru (W) náloží na kusovost rubaniny	19
8.3	Vliv součinitele přiblížení náloží (a) na kusovost rubaniny	19
8.4	Vliv vrtacího schématu a schématu roznětu na kusovost rubaniny	20
8.5	Schémat roznětu odstřelů	21
8.6	Diagonální roznětná schéma	22
8.7	Kvalitativní model kusovosti rubaniny, $F = f(q, W, m)$	23
8.8	Optimální interval časování náloží	23
9.	NÁVRH ŘEŠENÍ ZMĚN PARAMETRŮ Odstřelů V KAMENOLOMU LIETAVSKÁ SVINNÁ	25
9.1	Vliv záběru (W) na výskyt nadměrných kusů v rubanině v kamenolomu Lietavská Svinná	25
9.2	Změna součinitele přiblížení náloží (m)	26
9.3	Změna roznětné schémy a časování náloží	29
9.3.1	V současnosti používaná schéma roznětu a časování náloží	29
9.3.2	Navrhovaná změna schémy roznětu a časování náloží	29
9.3.3	Rozbušky	30
9.3.4	Zhodnocení navrhované změny parametrů odstřelů v kamenolomu Lietavská Svinná	30
9.3.5	Vrtací schéma	31
9.3.6	Roznětné schéma	31
9.3.7	Návrh na změnu rozbušek	32
10.	TECHNICKO - EKONOMICKÉ A EKOLOGICKÉ ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ	32
10.1	Ekologický přínos	33
11.	VYHODNOCENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	34
12.	ZÁVĚR.....	35
	LITERATURA.....	36

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	37
SEZNAM TABULEK.....	38
SEZNAM PŘÍLOH.....	39

1. ÚVOD

V mé práci jsem se zaměřil na změnu parametrů clonových odstřelů v kamenolomu Lietavská Svinná, při kterých se sníží počet nadměrných kusů rubaniny v odstřelu a tím se sníží náklady na druhotné rozpojování. Kamenolom v Lietavské Svinné je v provozu od roku 1957. V kamenolomu se provádějí trhací práce velkého rozsahu, při kterých vzniká velký počet nadměrných kusů rubaniny. V případě kamenolomu Lietavská Svinná je limitujícím faktorem, dle kterého se posuzuje nadměrný kus rubaniny, vstupní otvor čelistového drtiče.

Ložisko vápenců Lietavská Svinná leží v okrese Žilina, asi 3 km západně od obce Lietavská Lúčka. (Obr. č. 1 Situační mapa). Kamenolom Lietavská Svinná patří organizaci Cementárna Lietavská Lúčka, a.s. V minulosti sloužil na těžbu korekčních vápenců při výrobě cementu. V současnosti je surovina z tohoto kamenolomu využívána na výrobu jemně mletých vápenců.



Obr. č. 1 Situační mapa

2. CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

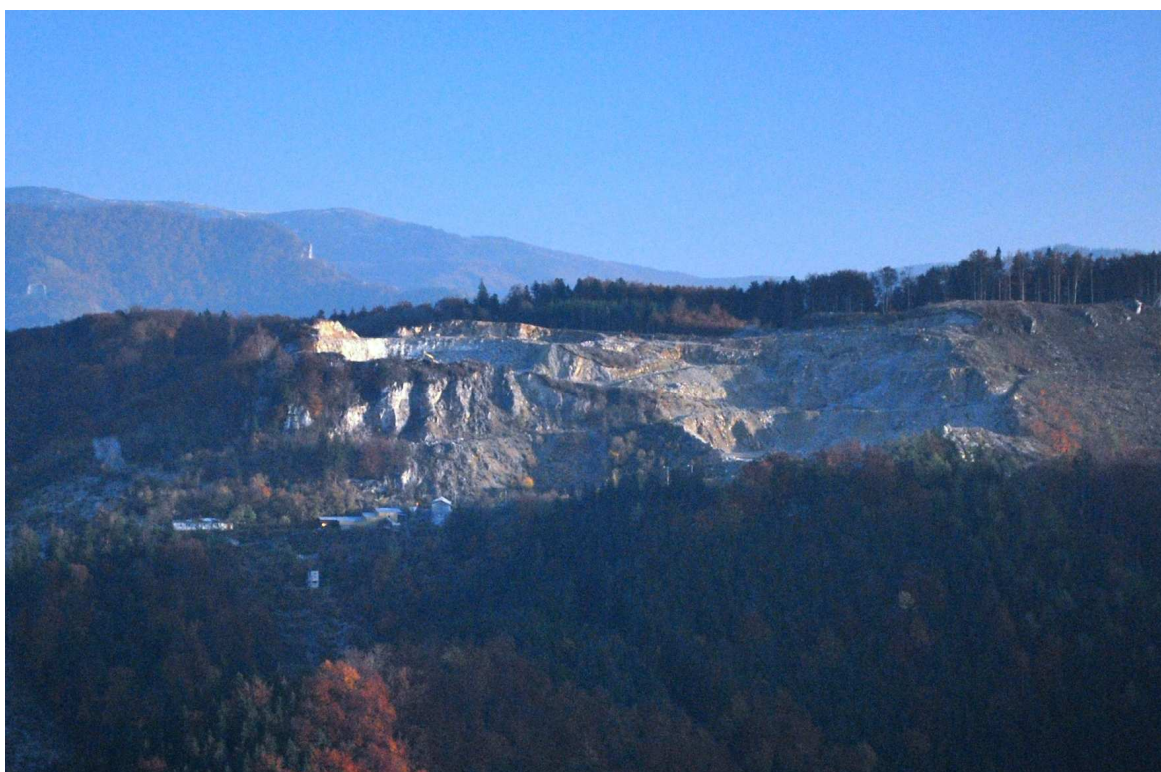
V mé diplomové práci se chci zaměřit na snížení nákladů na druhotné rozpojování nadměrných kusů rubaniny (batárov), které vznikají při odstřelech v kamenolomu Lietavská Svinná. Chci porovnat současné parametry trhacích prací s mým návrhem a v konečném důsledku ušetřit alespoň 50% nákladů na druhotné rozpojování v porovnání se současným stavem.

3. OBECNÉ ÚDAJE O KAMENOLOMU LIETAVSKÁ SVINNÁ

3.1 Charakteristika ložiska Lietavská Svinná

3.1.1 Geografie

Celé ložisko se podle geologické a chemicko-technologické charakteristiky zařazuje do II. skupiny ložisek - ložisko střední velikosti s poměrně nestálým rozložením užitkové suroviny. Celé ložisko je skloněné k severu, ve východní a západní části lemované bradly. Nejvyšší kóta ložiska je 715 m n. m., nejnižší kóta ložiska je 622 m n. m. Údolí potoka Svinianka má kótu 420 m n. m. Ložisko je zpřístupněno lesní cestou, která slouží na dovoz pracovníků, potřebné techniky a materiálu potřebného k těžbě. Doprava vytěženého materiálu do závodu v Lietavské Lúčce se provádí nákladní lanovou drahou[2].



Obr. č. 2 Celkový pohled na kamenolom

3.1.2 Geologické a hydrogeologické poměry lokality, zásoby

Ložiskové těleso vápenců tvoří čočku téměř oválného tvaru o rozměrech 350x450 m, s delší osou ve směru VZ, s generálním sklonem 20 ° - 40 ° k severu. V nadloží vápenců se nachází malá čočka dolomitu stejného geologického věku jako vápence. Rozměry ložiska jsou dány stykem střednětriasových vápenců chočské jednotky a spodnokřídové slínitými vápenci a slíny krížňanské jednotky [2].

3.1.3 Mocnost ložiska

Mocnost vápencového tělesa je dána z povrchu morfologií terénu a zespodu podloží. Mocnost tělesa klesá směrem k jihu. Mocnost ložiska a geologické zásoby byly ověřeny průzkumnými vrtly, které byly zhotoveny ve dvou etapách. První etapa byla realizována v roce 1956 firmou Nerudný průzkum Brno, národní podnik a druhá etapa byla provedena v roce 1987 firmou Geologický průzkum, n.p. Spišská Nová Ves. Největší mocnosti tělesa ložiska jsou v prostoru vrtů V-21, VLS-1 a VLS-2 a to 50 až 80 m. Báze ložiska je ve výšce 630 m n.m. na geologické hranici s podloží.

Těleso vápenců je tvořeno jemnozrnným vápenci šedé, šedohnědé až tmavošedé barvy, převážně masivními, které jsou prostoupené množstvím kalcitových žilek, až shluků kalcitu, místy s náznaky vrstevnatosti. Vápence jsou silně tektonicky rozpukané, pukliny jsou místy skrasovatelé a přecházejí do kaveren s výplní červenohnědou jílovito - písčitou hlínou s úlomky vápence, někdy i větších rozměrů[2].

3.1.4 Těleso dolomitu

Ve střední části ložiska se nachází těleso dolomitu. Tvoří menší čočkou rozměrů asi 140 x 90 m. Největší mocnost dolomitů je v okolí vrtu V 26 (29,7 m), odkud výrazně klesá směrem do stran až na 8 m.

Dolomit je světle šedé až šedohnědé barvy, jemno až střednězrný, převážně brekciovitého charakteru. Hornina je silně tektonicky porušena. Zvětráváním se dolomity rozpadají na drobný dolomitový štěrka až písek. V současnosti je čočka z větší části vytěžena[2].

3.1.5 Tektonické poměry

Tektonické poměry na ložisku jsou dány celkovou geologickou stavbou ložiska. Stýkají se zde dvě tektonické jednotky (chočská a krížňanská). V důsledku tektonických pochodů při přesunu příkrovů vznikly větší či menší poruchy, které se často stávají a nejsou viditelné na povrchu. Větší tektonickou poruchou je porucha procházející středem ložiska, která tvoří v okolí vrtů V-30, V-26, VLS-4 poměrně výraznou depresi na povrchu. Porucha je vyplněna hlínou a dolomitovým úlomky[2].

3.1.6 Hydrogeologické poměry

Na ložisku jsou poměrně jednoduché hydrogeologické poměry. Horninový komplex má puklinovou propustnost. Ložisko leží vysoko nad místní erozivní bází. Maximální přítok vod pocházejících ze srážek je určen na 3,3 l . sec⁻¹. Voda se může ojediněle nahromadit na těžebních řezech, může však odtékat samospádem mimo ložiska. V prostoru ložiska se nacházejí malé pramínky, které pracovníci kamenolomu svedli do nádrže. Tato voda slouží jako užitková voda pro potřeby kamenolomu. V letních měsících tyto pramínky vysychají a proto je nutné užitkovou vodu do kamenolomu dovážet[2].

3.1.7 Geologické zásoby

Průzkum lokality Lietavská Svinná byl realizován v 50-tých letech organizací Nerudný průzkum, n.p. Brno (M. Fabík, 1956).

Proběhly tyto průzkumné práce:

- průzkum lokality Svinianka, při níž byly vrtané vrty V-21 až V-31 o celkové metráži 701 m

- dále byly realizovány 2 štolý, 3 šachtice, 15 surfů a 47 vyhloubení.

Tímto průzkumem byly na ložisku ověřené zásoby korekčního vápence v množství: celkem - 3. 176. 668 t.

Z toho: kategorie A – 580.705 t

kategorie B – 653.393 t

kategorie C1 – 1.141.501 t

kategorie C2 – 801.069 t

V roce 1987 byly realizovány geologicko-průzkumné práce na ložisku Lietavská Svinná. Průzkum provedla organizace Geologický průzkum, n.p. Spišská Nová Ves, středisko Žilina. V roce 1989 byl KKZ pod č.j. 157-05/21-89 schválen výpočet zásob se stavem k 28. 6. 1988.

Geologické zásoby (vápence a dolomity) spolu: 8.032.000 t

vápence celkem: 7.868.000 t

dolomity celkem : 164.000 t

z toho: kategorie B – 1.005.000 t

z toho: kategorie B – 106.000 t

kategorie C1 – 3.000.000 t

kategorie C1 – 52.000 t

kategorie C2 – 3.763.000 t

kategorie C2 – 6.000 t

Na ložisku Lietavská Svinná byly vypočteny zásoby na geologickou hranici v následujících těžebních řezech: pod 630 m n. m.

630 až 660 m n. m.

660 až 680 m n. m.

nad 680 m n. m.

Zásoby byly schváleny Rozhodnutím o schválení zásob výhradního ložiska č. 1726/95 - min., por. č. 01/26/95, vydaného MŽP SR v Bratislavě dne 25. 8. 1995, ke dni 1. 2. 1994.

Geologické zásoby celkem : 7.855.000 t

z toho: vápenec

zásoby kategorie Z-1 volné 3.975.000 t

zásoby kategorie Z-2 volné 3.716.000 t

zásoby kategorie Z-1 + Z-2 volné 7.691.000 t

dolomit

zásoby kategorie Z-1 volné 158.000 t

zásoby kategorie Z-2 volné 6.000 t

zásoby kategorie Z-1 + Z-2 volné 164.000 t

Výkaz skrývky nad bloky vápenců	55.222 m ³
nad bloky dolomitů	6.582 m ³
skrývka celkem	61.804 m ³

Stav geologických zásob ke dni 1.1.2009: (podle hlášení Geo V 3-01)

Geologické zásoby celkem :	6.128.000 t
z toho: vápenec	
zásoby kategorie Z-1 volné	2.985.000 t
<u>zásoby kategorie Z-2 volné</u>	<u>3.119.000 t</u>
zásoby kategorie Z-1 + Z-2 volné	6.104.000 t
dolomit	
zásoby kategorie Z-1 volné	18.000 t
<u>zásoby kategorie Z-2 volné</u>	<u>6.000 t</u>
zásoby kategorie Z -1 + Z - 2 volné	24.000 t
Předpokládaný výkaz skrývky spolu	35.200 m ³ [2].

4. VÝROBNÍ PROGRAM A POUŽITÍ VÝROBKŮ

Použití výrobků z mletých vápenců je široké. Používají se v zemědělství, chemickém, sklářském, papírenském, stavebním průmyslu. Již jak je patrné z obchodní značky EKOCELL, výrobky z mletých vápenců jsou zaměřeny hlavně na ekologii.

Největší objem výroby směřuje do tepelných elektráren na odsíření spalín mokrou výpírkou a ve fluidních kotlích jako suchá směs.

V zemědělství se mleté vápence používají jako přípravek na snížení kyselosti půdy a také jako vysoce ekologické hnojivo.

Výrobci krmných směsí používají vápence do krmných směsí pro různé druhy hospodářských zvířat.

Použití výrobků je také ve sklářském průmyslu jako jedna ze složek sklářského kmene.

Ve stavebnictví se používají výrobky například jako plnivo do asfaltobetonů, plnivo do barev, stěrek, omítek. V papírenském průmyslu také jako plnivo.

Dalšími odběrateli jsou chemický a hutní průmysl.

Cementárna Lietavská Lúčka je od roku 1997 držitelem certifikátu kvality podle mezinárodního standardu ISO 9002. Zavedení a neustálé zdokonalování systému jakosti je jednoznačně přínosem. Vybudovaný systém umožňuje úspěchem prosazovat se na trhu v dnešních náročných podmínkách. Jednotlivé výrobky byly certifikovány orgány UKSUP Bratislava a TSÚS Bratislava jako ekologický výrobek, zdravotně nezávadný, netoxický, nevýbušný, není hořlavý ani radioaktivní.

Výrobky se expedují jako volně ložené v autocisternách nebo v železničních RAJ vozech, nebo jako balené v 40 kg papírových pytlích označených názvem.



4.1 Postup zpracování vápence z kamenolomu Lietavská Svinná

Zpracování vápence se provádí v první etapě přímo v kamenolomu a ve druhé etapě po dopravě do závodu v závodě.

4.1.1 Zpracování v kamenolomu

- vrtání clonových odstřelů
- odstřel
- nakládání
- doprava vápence do drtiče
- drcení
- druhotné rozpojování hydraulickým kladivem

Vrtání clonových odstřelů: provádí se vrtací soupravou Atlas Copco Roc L6. Průměr vrtů je 105 mm a hloubka podle parametrů, které určuje TVO. Parametry vrtů a vrtací schéma určuje TVO na základě zaměření lomové stěny a místních podmínek.

Odstřel: v kamenolomu Lietavská Svinná se provádějí trhací práce velkého rozsahu podle schváleného Generálního technického projektu odstřelů. Podrobně se tomuto projektu věnuji v dalších kapitolách.

Nakládání: vápenec se nakládá na nákladní auta pomocí čelního nakladače Volvo 180 L s lžící o objemu 4 m³.

Doprava vápence do drtiče: vytěžený vápenec se do drtiče dopravuje pomocí kloubového dumpera Volvo A 30 D o nosnosti 30 t.

Drcení: po svezení vápence k drtiči se tento vyklopí do násypky o objemu 15 m³. Odtud se pomocí článkového podavače podává do čelistového drtiče V 8-2 NS 1000 x 630. Zde je materiál podrcený na frakce 0 - 150 mm. Drcení je jediná úprava vápence, která se provádí přímo v kamenolomu.

Druhotné rozpojování: protože v kamenolomu Lietavská Svinná je poměrně malý čelistový drtič (čelistový drtič V 8-2 NS 1000 x 630), cca 20% vytěženého vápence se musí druhotně rozpojit. Druhotné rozpojování se provádí pomocí hydraulického kladiva Nordstahl, které je osazeno na hydraulickém rypadle DH 411.

4.1.2 Zpracování v závodě

- doprava do závodu
- sušení
- třídění
- mletí
- expedice

Doprava do závodu: po podrcení materiálu v čelistovém drtiči se tento dopraví pomocí dopravního pásu 800 x 12 000 do násypky nákladní lanové dráhy a následně

pomocí pásového podavače do vozíků nákladní lanové dráhy. Výkon nákladní lanové dráhy je v současnosti $60 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$.

Sušení: vozíky jsou po odepnutí z tažného lana lanovky převzaté obsluhou a vysypané do násypky, odkud je materiál dopraven buď na skládku, nebo přímo pomocí pásového dopravníku do sušícího bubnu bubnové sušárny suroviny. Materiál ze sušícího bubnu má po vysušení konečnou vlhkost kolem 1,5%.

Třídění: ze sušícího bubnu je materiál dopravován pomocí pásového dopravníku a strmého pásového dopravníku na sitový třídič Mogensen SH 1036. Zde je materiál roztříděn na frakce 0 - 5 mm, 5 - 50 mm a 50 - 150 mm. Frakce 5 - 50 mm je jako hotový produkt dopravována do závodu firmy Baunit, kde je používána na výrobu suchých omítkových směsí.

Mletí: po vytřídění na třídiči jsou frakce 0 - 5 mm a 50 - 150 mm skluzem dopraveny do odrazového drtiče Vortex, kde jsou podrvené na frakci 0 - 30 mm a dopraveny korečkovým elevátorem do betonové sila. Surovina je následně odebírána pásovými podavači a pásovými dopravníky je dopravována do kulových mlýnů. Hotové výrobky jsou skladovány v silech.

Expedice: mleté vápence jsou ze závodu expedovány buď volně ložené v železničních Raj vagónech a autocisternách, nebo balené ve 40 kg pytlích.

5. TRHACÍ PRÁCE V KAMENOLOMU LIETAVSKÁ SVINNÁ - OBECNĚ

V současné době jsou trhací práce prováděny podle schváleného Generálního technického projektu odstřelů (dále GTP CO), který vypracoval Michal Moskál, schválil Miloš Klenovčan, ředitel Cementárny Lietavská Lúčka, a.s. a povolil Obvodní báňský úřad v Prievidzi dne 12. 2. 2007. Platnost rozhodnutí je stanovena do 31. 12. 2012.

Generální technický projekt odstřelů pro kamenolom Lietavská Svinná je vypracován ve smyslu Vyhlášky SBU č.71/1988 Sb. § 35, odst.1 a 3 o výbušninách a Zákona SNR č. 51/1988 Sb. § 27 odst. 4 o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů. Určují způsob kvalifikované a odborné manipulace s výbušninami při přípravě a výkonu trhacích prací velkého rozsahu s ohledem na bezpečnost a ochranu zdraví při práci a bezpečnosti provozu.

GTP CO je vypracován v souladu s Plánem otvírky, přípravy a dobývání (dále POPD) pro ložisko vápenců Lietavská Svinná.

Clonové odstřely (CO) technicky připravují a provádějí technický vedoucí odstřelů (TVO), zástupce TVO (dále Z-TVO) a pracovníci Cementárny Lietavská Lúčka, a.s. [3].

5.1 Rozsah platnosti

Generální technický projekt odstřelů pro kamenolom Lietavská Svinná je závazný pro všechny pracovníky, kterým to vyplývá z pracovního zařazení a organizačního řádu platného v kamenolomu Lietavská Svinná, jakož i pro všechny pracovníky, kteří se nacházejí v době přípravy a výkonu trhacích prací v kamenolomu Lietavská Svinná [3].

5.2 Odpovědnosti a pravomoci

Za provádění činností uvedených v jednotlivých částech projektu, dodržování bezpečnostních a souvisejících předpisů, odpovídají určení kvalifikovaní pracovníci, změnovní mistři a to v takovém rozsahu, jak vyplývá z tohoto projektu, organizačního řádu, Vyhlášky SBU č.71/1988 Sb. Zákona SNR č. 51/1988 Sb. a souvisejících předpisů. S obsahem tohoto projektu musí být obeznámeni všichni pracovníci, kterých se to týká [3].

5.3 Některé základní údaje současného GTP CO

5.3.1 Obecně

Projekt:	Generální technický projekt clonových odstřelů
Organizace:	Cementárna Lietavská Lúčka, a.s., Žilinská cesta 49/25, 013 11 Lietavská Lúčka
Název a místo výkonu trhacích prací:	kamenolom Lietavská Svinná
Katastrální území:	Lietavská Svinná
Okres:	Žilina
Obvodní báňský úřad:	Prievidza
Účel trhacích prací velkého rozsahu:	Příprava suroviny pro výrobu vápenců, dolomitů, mletých vápenců a dolomitů.

5.3.2 Vývrty a vrtné schémata

Při výpočtu a volbě projektovaných parametrů vrtných schémat se přihlíželo na praktické zkušenosti získané při provádění odstřelů v tomto kamenolomu. Průměr vývrtů bude podle použité vrtací korunky v rozmezí od 90 do 115 mm. Vrtací práce se budou provádět hlavně vrtací soupravou typu ATLAS COPCO vybavenou rotačním kompresorem. Vývrty se budou navrtávat hlavně jako záhlavní, v odůvodněných případech se budou vrtat vývrty patní a dovrchné. Sklon vrtů bude u patních vrtů -3° pod úroveň terénu a u dovrchních vrtů se budou vrtat podle výšky těžebního řezu - etáže se sklonem od 7° - 20° nad terénem[3].

Clonové odstřely budou realizovány podle vrtných schémat uvedených v příloze 1,2,3.

5.3.3 Výpočet parametrů odstřelu

5.3.4 Seznam použitých symbolů pro vzorce

V_v	- objem 1 bm vrtu (m^{-3})
T_r	- měrná hmotnost trhaviny ($kg \cdot m^{-3}$)
K_n	- koeficient nabíjení vrtu
L_n	- nabitá délka vrtu
d	- průměr vrtu
p	- koncentrace nálože ve vrtu ($kg \cdot m^{-1}$)
q	- měrná spotřeba trhaviny ($kg \cdot m^{-3}$)
f	- součinitel pevnosti podle Protodiakonova
s	- součinitel struktury odlučnosti a uložení horniny
v	- součinitel upnutí horniny
e	- součinitel brizance
u	- součinitel ucpávky
$W_{max.}$	- úsečka nejmenšího odporu - záběr (m)
m	- součinitel přiblížení náloží
a	- vzdálenost mezi náložemi v řadě - rozteč (m)
α_s	- úhel úklonu lomové stěny ($^\circ$)
α_v	- úhel úklonu vrtů ($^\circ$)
H	- svislá výška etáže (m)
X	- horizontální úsečka odporu v úrovni hlavy etáže (m)
X_2, X_3	- horizontální úsečka odporu v úrovni hlavy etáže 2 a 3 řada vrtů (m)
L_c	- celková délka vrtu (m)
L	- délka vrtu bez podvrtání (m)
L_p	- délka provrtání vrtu (m)
L_u	- délka ucpávky (m)
N_p	- hmotnost sloupcové nálože jednoho vrtu (kg)
n_v	- počet vrtů (ks)
R_{HV}	- odpor přívodního vedení (Ω)
L_{pv}	- délka přívodního vedení (m)
R_s	- odpor roznětné sítě (Ω)
R_v	- odpor roznětného vedení (Ω)
n_r	- počet rozbušek (ks)
R_r	- odpor rozbušky a přívodních vodičů (Ω)
I_r	- jistota roznětu
R_{Cmax}	- max. odpor pro mezní výkon roznetnice (Ω)
L_z	- zážehový impuls (J / Ω)
m_{ev}	- množství trhaviny odpálené v jednom časovém stupni (kg) [3].

5.3.5 Výpočet náloží

Při výpočtu náloží a nejkratší přímky odporu - záběru se vycházelo z dosud dosažených praktických zkušeností při provádění CO v tomto kamenolomu.

Výpočet parametrů odstřelu a hmotnosti nálože provedeme podle vzorců uvedených katedrou dobývání ložisek BERG TU v Košicích a dalších vzorců uvedených v technické literatuře.

5.3.6 Výpočet koncentrace nálože

$$p = V_v \cdot T_r \cdot k_n \quad [4].$$

$$V_v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l_n \quad [4].$$

průměr vrtu 90 mm

$$V_v = \frac{3,14 \cdot 90^2}{4} \cdot 1$$

$$V_v = 0,00636 \, m^3$$

průměr vrtu 105 mm

$$V_v = \frac{3,14 \cdot 105^2}{4} \cdot 1$$

$$V_v = 0,00866 \, m^3 \quad [3].$$

$$p = V_v \cdot T_r \cdot k_n \quad \text{náložová hustota počítaná pre trhavinu DAP [4].}$$

$$p = 0,00636 \cdot 800 \cdot 1,1$$

$$p = 0,00866 \cdot 800 \cdot 1,1$$

$$p = 5,6 \, kg \cdot m^{-3}$$

$$p = 7,8 \, kg \cdot m^{-3} \quad [3].$$

5.3.7 Výpočet měrné spotřeby trhaviny

Měrná spotřeba trhaviny použitá ve vzorci je stanovena na základě zkušeností z provedených odstřelů v kamenolomu a dlouhodobého sledování.

$$q = 0,378 \, kg \cdot m^{-3} \quad [3].$$

5.3.8 Výpočet horizontální úsečky odporu v úrovni hlavy etáže první řady X (m)

$$X = \frac{\sqrt{(0,5 \cdot p^2 \cdot \sin^2 \alpha + 4 \cdot p \cdot q \cdot \sin \alpha \cdot H \cdot L)} - 0,7 \cdot p \cdot \sin \alpha}{2 \cdot q \cdot m \cdot H \cdot \sin \alpha} \quad [4].$$

$$X = \frac{\sqrt{(0,5 \cdot 7,8^2 \cdot \sin^2 70^\circ + 4 \cdot 7,8 \cdot 0,378 \sin 70^\circ \cdot 15 \cdot 15,96)} - 0,7 \cdot 7,8 \cdot \sin 70^\circ}{2 \cdot 0,378 \cdot 0,84 \cdot 15 \cdot \sin 70^\circ}$$

$$\underline{X = 5,21 \text{ m}} \quad [3].$$

5.3.9 Výpočet délky vrtu

$$L = \frac{H}{\sin \alpha}$$

$$L = \frac{15}{\sin 70^\circ} = \underline{16 \text{ m}} \quad [3].$$

5.3.10 Výpočet úsečky nejmenšího odporu - záběr W (m)

$$W = X \cdot \sin \alpha$$

$$W = 5,2 \cdot \sin 70^\circ = \underline{4,9 \text{ m}} \quad [3].$$

5.3.11 Výpočet rozestupu vrtů v řadě a (m)

$$a = m \cdot W = 0,84 \cdot 4,9 = \underline{4,1 \text{ m}} \quad [3].$$

Z praktických zkušeností volím **3,3 m** kvůli nižší fragmentaci rubaniny

5.3.12 Výpočet záběru dalších řad b (m)

$$b = 0,75 \cdot W = 0,75 \cdot 4,9 = \underline{3,5 \text{ m}} \quad [3].$$

5.3.13 Výpočet horizontální úsečky odporu v úrovni hlavy etáže dalších řad X_2, X_3 (m)

$$X_2 = X_3 = X - K \cdot H$$

K - součinitel závislý na úklonu a průměru vrtu

K - 0,05

$$X_2 = X_3 = 5,2 - 0,05 \cdot 15 = 3,9 \quad \text{volím } \underline{4 \text{ m}} [3].$$

5.3.14 Výpočet provrtání vrtu pod úroveň etáže L_p (m)

$$L_p = 0,29 \cdot W = 0,29 \cdot 4,7 = \underline{1,3 \text{ m}} [3].$$

5.3.15 Stanovení délky ucpávky L_u (m)

$$L_u = 0,75 \cdot W = 0,75 \cdot 4,7 = \underline{3,5 \text{ m}} [3].$$

5.3.16 Výpočet hmotnosti sloupcové nálože jednoho vrtu (kg)

$$N_p = p \cdot (L + L_p - L_u) \quad N_p = 7,8 \cdot (16 + 1,3 - 3,5)$$

$$N_p = 107 \text{ kg} \quad [3].$$

Tabulka č. 1 Základní parametry clonového odstřelu

Parametr	Symbol	Množství	Měrná jednotka
Koncentrace nálože	p	7,8	kg . m ⁻¹
Průměr vrtu	d	105	mm
Měrná spotřeba trhavin	q	0,378	kg . m ⁻³
Úsečka nejmenšího odporu	W_{\max}	4,9	m
Součinitel přiblížení náloží	m	0,84	
Rozestup náloží v řadě	a	3,3	m
Vodorovná úsečka odporu - první řada	X	5,2	m
Vodorovná úsečka odporu - druhá a třetí řada	X_2, X_3	4,0	m
Svislá výška etáže	H	12-15	m
Úhel úklonu vrtu	α_v	70 °	°
Celková délka vrtu	L_c	17,3	m
Délka ucpávky	L_u	3,5	m
Délka nálože ve vrtu	L_n	12,5	m
Hmotnost sloupcové nálože	N_p	107	kg
Maximální celková nálož CO	N_c	10 000	kg
Maximální počet vrtů		80	ks

Tabulka č. 2 Základní parametry clonového odstřelu - patní vrtu

Parametr	Symbol	Množství	Měrná jednotka
Maximální počet patních vrtů		60	ks
Úhel úklonu patního vrtu	α_v	- 3	°
Celková délka patního vrtu	L_{cp}	9	m
Délka ucpávky	I_{up}	3	m
Délka nálože ve vrtu	I_{np}	6	m
Hmotnost sloupcové nálože	Q_{vp}	50	kg
Průměr patního vrtu	d_p	105	mm
Rozteč patních vrtů	a_p	2,5 -3,0	m

Výpočet parametrů je proveden pro výšku těžebního řezu 15 m a náplňovou hustotu $7,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$. Protože při odstřelu se mohou používat různé druhy trhavin, výška těžebního řezu se bude pohybovat v rozmezí 10 - 20 m, budou i parametry pro každý odstřel odlišné. Proto parametry uvedené v tabulkách slouží jako orientační. Přesné parametry pro konkrétní odstřel stanoví vždy příslušný TVO (Z-TVO) [3].

5.3.17 Roznětná soustava

V projektu se uvažuje s použitím všech druhů povolených roznětných soustav. V projektu jsou rozpracovány nejvíce používané roznětné soustavy v kamenolomu Lietavská Svinná [3].

5.3.18 Elektrický roznět

Nálož trhaviny v každém vrtu bude iniciována elektrickou rozbuškou a to jedním nebo dvěma kusy podle uvážení TVO (Z-TVO), resp. konkrétní situace při odstřelu (doporučuje se používat rozbušky DEM-S a DEM-SICCA). Výsledné zapojení bude sériové nebo sério-paralelní. Časování náloží ve vývrtů se provádí podle situování odstřelu s ohledem na volné plochy dobývacího řezu, umístění rozvalu a ochranu objektů. Nálož v jednom časovém stupni nesmí přesáhnout 642 kg [3].

5.3.19 Kombinovaný roznět

Tento způsob roznětu se bude používat v kterémkoli období při použití všech druhů trhavin, které jsou pro výkon trhacích prací povolené. Kombinací bleskovice a elektrických rozbušek je možné vytvořit dva hlavní typy kombinovaného odstřelu:

- bleskovice je vyvedena z každého vrtu a každý vrt je adjustovaný jednou elektrickou rozbuškou - zapojení do série,
- bleskovice je vyvedena z vrtu a připojena na hlavní bleskovici, na níž je elektrická rozbuška. Jedná se vlastně o časování skupiny vrtů v jednom časovém stupni. Počet vrtů připojených na bleskovici je limitován celkovou náloží v jednom časovém stupni a náloží v jednom vrtu.

Tyto základní typy kombinovaného roznětu lze uvedeným způsobem použít při všech typech vrtných schématach [3].

5.3.20 Volba roznětnice

Spolehlivý roznět většího počtu elektrických rozbušek pomocí kondenzátorové roznětnice je zajištěn, pokud na jednotku odporu roznětné sítě připadá z výkonu dodávaného roznětnicí v čase 4 ms impuls $\geq 4 \text{ mJ}/\Omega$.

Parametry roznětnice RKC-1

$$U_c = 100 \text{ V}, \quad C = 24 \mu\text{F}, \quad E = 12 \text{ J} [4].$$

5.3.21 Výpočet odporu přívodního vedení $R_{HV} (\Omega)$

Na odpalovací vedení bude použito přívodní vedení typu NCY PK 1,2, s vodiči Cu o průměru min. 0,6 mm, délce 2 x 150 m a odporu $0,07 \text{ ohm} \cdot \text{m}^{-1}$, tj. celkový odpor

$$\underline{R_{HV} = 21 \Omega} [3].$$

5.3.22 Výpočet odporu roznětné sítě $R_s (\Omega)$ a roznětného vedení $R_v (\Omega)$

$$R_s = n_r \cdot R_r + R_{pv}$$

n_r - počet rozbušek

R_r - odpor 1 ks rozbušky

$$R_s = 80 \cdot 3,6 + 5$$

R_{pv} - odpor propojovacího vedení

R_{HV} - odpor přívodního vedení

$$\underline{R_s = 288 \Omega} \quad R_v - \text{odpor roznětného vedení}$$

$$R_v = R_s + R_{HV}$$

$$R_v = 293 + 21$$

$$\underline{R_v = 314 \Omega} [3].$$

Výpočet maximálního odporu roznětného okruhu je 309Ω pro rozbušky s Cu vodičem 20 m dlouhým.

5.3.23 Výpočet odporu roznětného vedení R_v zapojení sérioparalelné (ω)

$$R_v = \frac{R_s}{n_{vt}} + R_{HV} \quad [4]. \quad n_{vt} - \text{počet větví}$$

$$R_v = \frac{314}{2} + 21 \quad \underline{R_v = 178 \Omega} [3].$$

5.3.24 Výpočet časové konstanty vybíjení τ

$$\tau = C \left(R_{HV} + \frac{R_s}{n_{pv}^2} \right) \quad [4].$$

C - kapacita kondenzátoru

R_{HV} - odpor hlavního vedení ($R_{HV} = 21 \, \Omega$)

U - napětí kondenzátoru

n_{pv} - počet větví ($n_{pv} = 1$)

$$\tau = 0,000024 \cdot \left(21 + \frac{293}{1^2} \right)$$

$$\tau = \underline{0,007536} \quad [3].$$

5.3.25 Výpočet zážehového impulsu L_z (J / Ω)

$$L_z = \frac{U^2 \cdot C}{2 \cdot (n^2 \cdot R_{HV} + R_s)} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot t}{\tau}} \right) \quad [4].$$

$$L_z = \frac{1000^2 \cdot 24 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot (1^2 \cdot 21 + 293)} \cdot \left(1 - 2,7^{-\frac{2 \cdot 0,004}{0,007536}} \right)$$

$$L_z = 0,03058 \, \text{J} / \Omega$$

$$\underline{L_z = 30,58 \, \text{mJ} / \Omega} \quad [3]. \quad t - \text{minimální reakční doba roznecovadla } t = 0,004 \, \text{s}$$

5.3.26 Výpočet jistoty elektrického roznětu

$$B = \frac{L_z}{L_{zr}} \quad B = \frac{30,58}{18} = 1,69 \quad [3].$$

L_{AKT} - aktivační zážehový impuls roznětek DEM S je 18 mJ / Ω

Při použití 80 ks rozbušek DEM-S je jistota elektrického roznětu **1,69** násobná [3].

6. VYHODNOCENÍ SOUČASNÝCH VÝSLEDKŮ TRHACÍCH PRACÍ

Z podkladů účetnictví závodu Cementárna Lietavská Lúčka, a.s. z dosavadních zkušeností z odstřelů v kamenolomu Lietavská Svinná je zřejmé, že značnou část nákladů na těžbu představuje druhotné rozpojování.

Je to z několika důvodů:

1. vlastnosti horninového masivu (velká trhlinovost a blokovitost masivu)
2. velikost drtiče.

Pro názornost viz obr. č. 3 a obr. č. 4

Z evidence, která se vede v kamenolomu vyplývá, že z celkové těžby za rok 2009, která byla 186.000 t je 35.000 t nadrozměrných kusů. Jedná se o 18,8% z celkové těžby.

Celkové náklady potřebné k druhotné rozpojování činily v roce 2009 cca **26.500 €**, to znamená **0,828 € . t¹**.

Při porovnání s náklady na primární rozpojování trhacími pracemi, kde náklady na 1 tunu rozpojené suroviny byly **0,149 € . t¹**, jasně vyplývá, že je jednoznačně ekonomicky výhodnější rozpojit horninu primárním odstřelem tak, aby nadměrných kusů vzniklo co nejméně. Srovnání je v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3 Porovnání nákladů na druhotné rozpojování s náklady na rozpojení odstřelem

Těžba v roce 2009	189.000 t
Nadměrné kusy v rozvalu	35.000 t
Náklady na druhotné rozpojování	26.500 €
Náklady na 1 t druhotného rozpojování	0,828 € . t ¹
Náklady na 1 t odstřelené suroviny	0,149 € . t ¹

Vzhledem k tomu, že vlastnosti horninového masivu jsou dány a velikost drtiče je také dána, jsem se v mé práci zaměřil na kvalitu odstřelu, tedy na snížení kusovosti odstřelu.



Obr. č. 3 Kusovost po odstřelu



Obr. č. 4 Batar v drtiči

7. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KUSOVOST RUBANINY V ODSTŘELU

Podle literatury a zkušeností je faktorů, které ovlivňují kusovost rubaniny několik:

1. Stav horninového masivu (blokovitost, puklinovost, tektonické poruchy)
2. Použité trhaviny
3. Parametry odstřelu, kromě měrné spotřeby trhavin a vrtů jsou to hlavně:
 - záběr
 - rozestup náloží v řadě (rozteč - přiblížení vrtů)
 - vrtací schéma
 - časování odstřelu [1].

V mé práci se věnuji hlavně parametrům odstřelu, protože stav horninového masivu je dán a skladba používaných trhavin při odstřelech v kamenolomu Lietavská Svinná se jeví jako přijatelná hlavně z ekonomického hlediska.

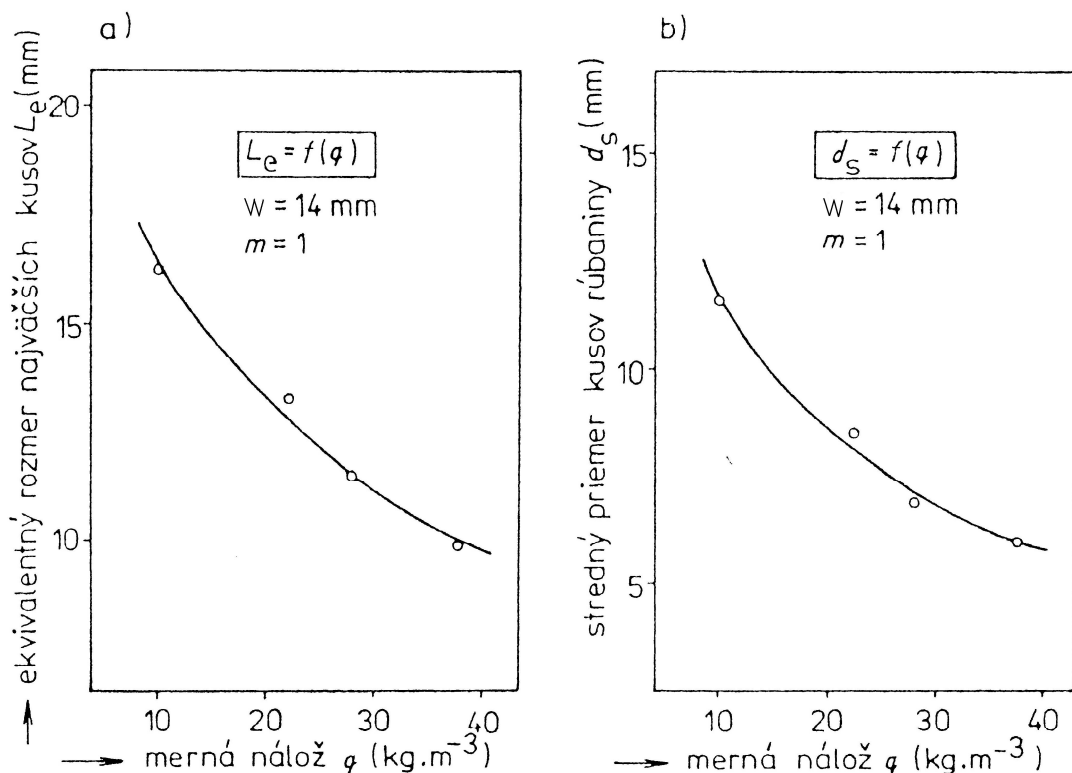
8. HLAVNÍ PARAMETRY ODSTŘELŮ REGULUJÍCÍ STUPEŇ ROZPOJENÍ RUBANINY

Výzkumy i praxe ukazují, že kusovost rubaniny je možné podstatnou měrou ovlivňovat - regulovat těmito volitelnými parametry odstřelu:

1. měrnou náloží q a měrnou spotřebou vrtů q_v
2. úsečkou nejmenšího odporu W , resp. průměrem vrtu d
3. součinitelem přiblížení náloží m
4. vrtacím schematem a na ni navázán schéma roznětu [1].

8.1 Vliv měrné nálože (q) na kusovost rubaniny

Měrná nálož q (a její odpovídající spotřeba vrtů) je jeden z nejdůležitějších parametrů regulace kusovosti rubaniny. Se zvyšováním hodnoty q se kusovost zmenšuje ve všech třídách zrnitosti. Za podmínky, že $W, m = \text{konstanta}$, jsou na obr.5 výsledky z laboratorních výzkumů vyjadřující závislost fragmentace na měrné náloži q jako $L_e = f(q)$ a $d_s = f(q)$. Je to mocninová funkce hyperbolického tvaru. Charakter křivky se zachovává ve všech druzích hornin a rud, v celistvých i trhlinových masívech. Třeba zdůraznit, že zmenšování kusovosti jen zvyšováním objemové nálože je ne hospodárné. Vyplyývá to s hyperbolického charakteru křivky zrnitosti v závislosti na měrné náloži. Při vyšších hodnotách q tato prudce roste a kusovost se zmenšuje jen nepatrně (viz obr. 5) [1].

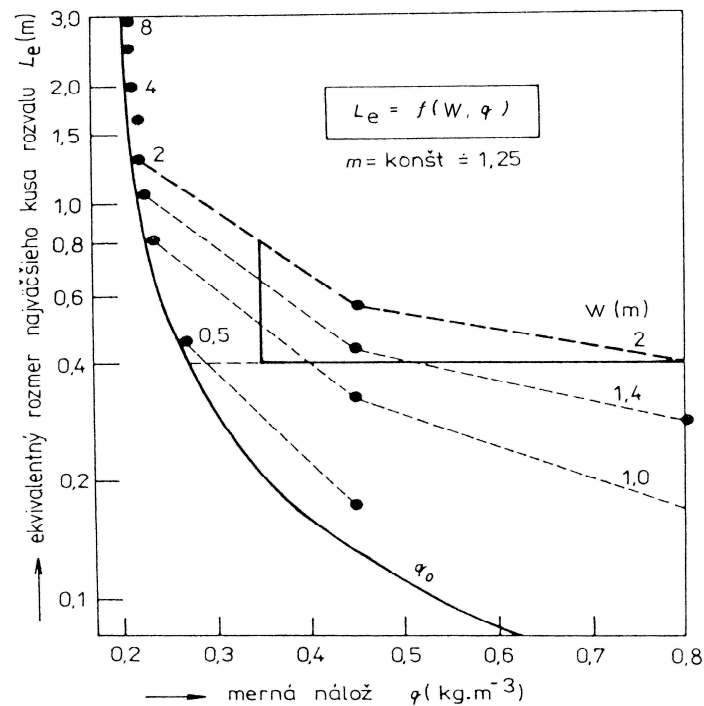


Obr. č. 5 Vliv měrné nálože q na stupeň rozpojení, $F = f(q)$, v podmínkách laboratorního výzkumu v homogenním materiálu [1].

Hlavně z důvodu hospodárnosti se tématem zvyšování měrné nálože jako jednoho z parametrů zmenšování kusovosti rubaniny dále v mé práci nebudu zabývat.

8.2 Vliv záběru (W) náloží na kusovost rubaniny

Jak vidět v grafu na obr. 6 záběr náloží je další důležitý parametr regulace kusovosti rubaniny. Se zmenšováním záběru se kusovost zmenšuje a se zvyšujícím záběrem se kusovost zvětšuje při zachování ostatních konstantních podmínek. Z grafu na obr. 6 můžeme vidět různé kombinace vztahů mezi záběrem a následnou kusovostí materiálu. Můžeme zde například vidět, že při záběru $W = 2\text{ m}$ a měrné spotřebě trhavin $q = 0,35\text{ kg.m}^{-3}$ je možné počítat s rozměry kusů $L_e \leq 0,8\text{ m}$.



Obr. č. 6 Model fragmentace rubaniny $F = L_e = f(q, W)$: vliv měrné nálože a úsečky nejmenšího odporu na maximální kusy v rubanině [1].

Pokud chceme rozměr L_e zmenšit na $L_e \leq 0,4\text{ m}$, můžeme při $W = 2\text{ m}$ buď zvýšit měrnou nálož na $q = 0,8\text{ kg.m}^{-3}$ (toto je drahé řešení - musíme zvětšit nálož, nebo zvýšit průměr vrtu), nebo můžeme zmenšit záběr na $W = 0,8\text{ m}$ a zůstat při $q = 0,35\text{ kg.m}^{-3}$ [1]. Podle literatury v hranicích pro záběry $W = 1,4$ až 15 m vrtu platí, že záběr W je úměrný průměru vrtu d .

$$W_{\max} = 45\text{ d} \quad \text{a pro praktický záběr } W \doteq 40\text{ d. [1].} \quad (1)$$

8.3 Vliv součinitele přiblížení náloží (a) na kusovost rubaniny

Na kusovost rubaniny má veliký vliv vzdálenost náloží v řadě a . Protože záběr W a rozteč a jsou spolu vázány součinitelem m .

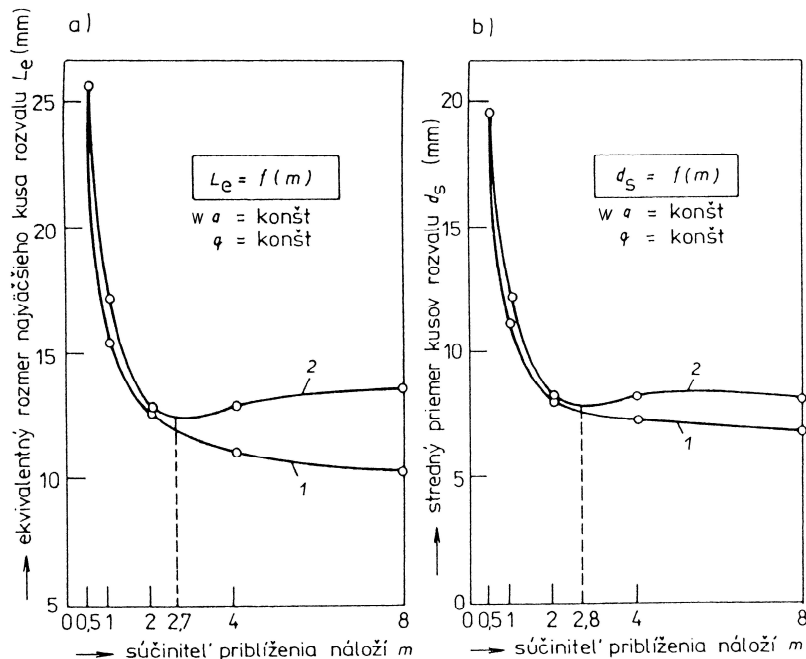
$$m = a / W \quad (2)$$

Pro splnění podmínek $W.a, q = \text{konstanta}$, je to hodnota m , se kterou se musí uvažovat při rozpojování. Hodnota m v závislosti na hodnotu W a vlastně charakterizuje

přerozdělení energie výbuchu v masivu, čímž zásadní měrou ovlivňuje kusovost rubaniny [1].

Vliv hodnoty m na kusovost v laboratorním materiálu za podmínek q , W . $a = \text{konstanta}$ a při ostatních konstantních podmínkách, jsou na obr.7 $L_e = f(m)$; L_e = ekvivalentní rozměr největších kusů v rozvalu a $d_s = f(m)$; d_s = střední průměr kusů rozvalu, při rozmístění náloží v řadách za sebou (křivka 2) a střídavě (křivka 1) [1].

Optimum rozpojování při rozmístování náloží v řadách za sebou je při $m \doteq 2,7$. Při hodnotách $m > 2,7$ se kusovost rubaniny opět zvětšuje [1].



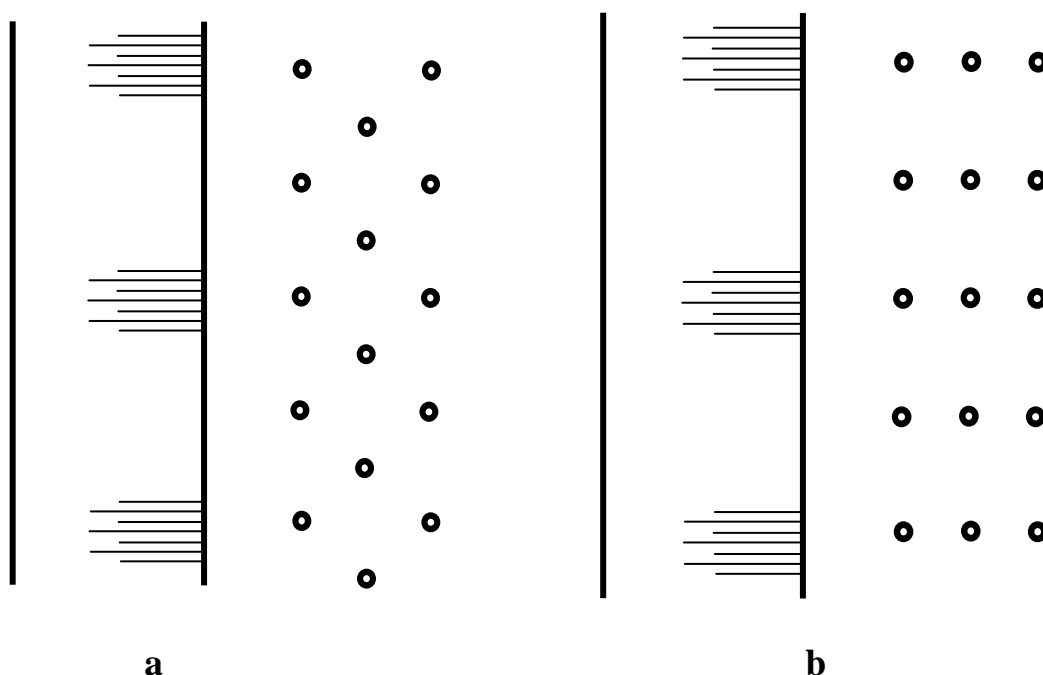
Obr. č. 7 Vliv součinitele přiblížení náloží m na stupeň rozpojení, $F = f(m)$, v homogenním laboratorním materiálu za podmínek q , W . $a = \text{konstanta}$
1 - nálože rozmístěny v řadách střídavě, 2 - nálože rozmístěny v řadách za sebou [1].

Závislost rubaniny na hodnotě m , $F(m)$, je v reálních horninových masívech analogická se závislostí v homogenním laboratorním materiálu. Závisí však také na vlastnostech horninového masivu, hlavně jeho trhlinovosti [1].

Parametrem přiblížení náloží se budu věnovat v dalších částech mé práce. V reálných podmínkách kamenolomu Lietavská Svinná se mi tento parametr spolu s vrtním schématem a následně časováním odstřelu zdá jako nejlepší řešení zmenšování kusovosti rubaniny.

8.4. Vliv vrtacího schématu a schématu roznětu na kusovost rubaniny

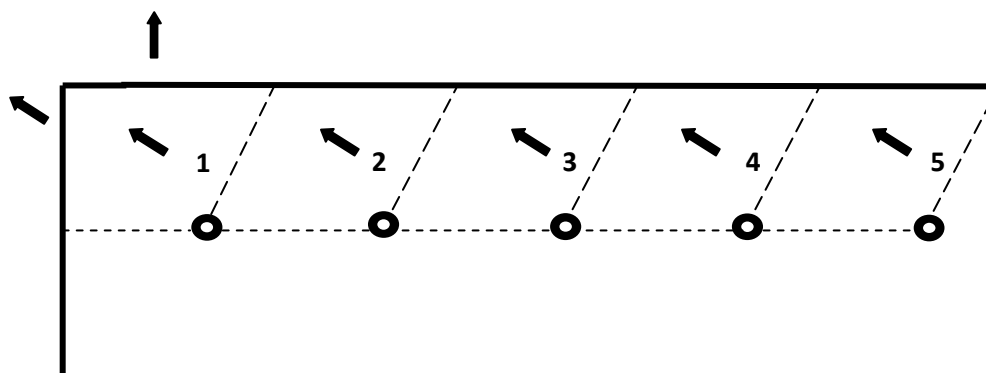
V lomové praxi se využívají hlavně paralelní vrtací schémy, které zajišťují rovnoměrné rozložení trhavin ve vrtech a tím i energie výbuchu v bloku horniny, který je třeba rozpojit. Vrty jsou rozmístěny vzhledem k volné ploše a také k sobě paralelně. Mohou být rozmístěny v řadách za sebou, nebo střídavě (Obr. č. 8).



Obr. č. 8 Rozmístění vrtů a - střídavé, b - za sebou

8.5 Schémata roznětu odstřelů

Schémat roznětu odstřelů mají zajistit, aby jednotlivé nálože, nebo soustavy náloží byly odpáleny tak, aby nálože provedly co nejefektivnější práci. V našem případě se zaměřím hlavně na schémy, které sníží kusovost rubaniny v odstřelu. Obecně známe schémata roznětu jednořadových, víceřadových a plošných odstřelů. Z praxe je známo, že při víceřadových odstřelech se dosahují lepší výsledky zdrobnění jako při jednořadových odstřelech. V reálných podmínkách kamenolomu Lietavská Svinná se dají použít pouze odstřely od jednořadových maximálně po třířadé.



Obr. č. 9 Příklad časování jednořadého clonového odstřelu.

1 až 5 postup detonací jednotlivých náloží. Šipky znázorňují hlavní směr rozletu rubaniny.

Lepší výsledný stupeň zdrobnění se dosahuje při víceřadových odstřelech jako při jednořadových. Je to dáno hlavně tím, že při odstřelu víceřad se rubanina zdrobňuje vzájemnou kolizí mezi sebou více než při jednořadém odstřelu.

8.6 Diagonální roznětná schéma

Na obrázku č. 10 je znázorněna diagonální roznětná schéma. Původní vrtací schéma má tyto relativní hodnoty parametrů: $W = 1$, $a = 1,4$, $m = 1,4$, $W. a = 1,4$. Roznět náloží po diagonálních řadách s úhlem $\beta = W = W/2.a$, (3) $\beta \doteq 20^\circ$, efektivní parametry rozpojování budou tyto:

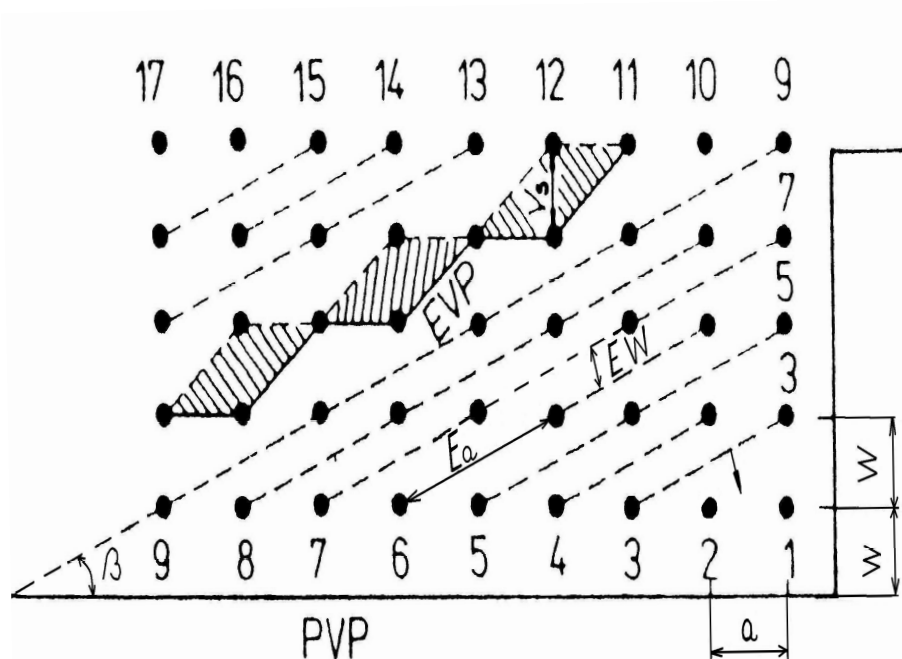
$$EW = a \cdot \sin \beta = 0,48; \quad (4)$$

$$Ea = W / \sin \beta = 2,92 \quad (5)$$

$$Em = E . a / EW = 2,92 / 0,48 = 6 \quad (6)$$

$$EW.E.a = 0,48 \cdot 2,92 = 1,4 \quad (7),$$

t.j. stejný jako na původním schématu. Při těchto roznětných schématech se podmínky rozpojování blíží k ideálním. Každá nálož rozpojuje na vypuklou volnou plochu (vyšrafované části na obr. č. 10), s minimálním upnutím horniny a maximálním využitím faktoru kolize kusů [1].



Obr. č. 10 Příklad diagonálního schématu roznětu náloží.

PVP - původní volná plocha

EVP - efektivní volná plocha

 β - úhel mezi PVP a řadami vrtů časovaných stejným časovým stupněm rozbušek

a - původní rozteč vrtů

W - původní záběr

Ea - efektivní rozteč mezi vrty

EW - efektivní záběr

1 -17 - pořadí detonací náloží [1].

Při tomto typu roznětného schématu se maximálně využívá parametr m součinitel přiblížení náloží, který ovlivňuje kusovost rubaniny.

8.7 Kvalitativní model kusovosti rubaniny, $F = f(q, W, m)$

Komplexní model kusovosti rubaniny musí zahrnovat všechny tři hlavní volitelné parametry regulace kusovosti rubaniny: q , W , m . Tyto tři parametry rozhodující měrou ovlivňují fragmentaci rubaniny při rozpojování válcovými náložemi paralelních vrtacích schémat. Z výsledků modelovaných a následných studií in situ je komplexní model kusovosti rubaniny ve kvalitativní formě zobrazený na obr. 11 jako $L_e = f(q, W, m)$ a $d_s = f(q, W, m)$

Souhrnně lze o tomto modelu konstatovat:

1. Zvyšování měrné nálože q , při m , $W = \text{konstanta}$, ale i obecně, zvyšuje se stupeň rozpojení v celé zrnitostní skladbě rubaniny. Zmenšují se rozměry největších kusů, střední průměr kusů a zvyšuje se podíl drobných tříd.
2. Změňšováním záběru W při m , $q = \text{konstanta}$, ale i obecně, ovlivňuje kusovost podobně jako zvyšování měrné nálože q .
3. Zvyšování součinitele přiblížení náloží m při q , $W.a = \text{konstanta}$, ale také při $W = \text{konstanta}$, $q \neq \text{konstanta}$, ovlivňuje kusovost podobně jako předešlé parametry q , W .
4. Jakákoliv změna stupně rozpojení se dotýká všech tříd kusovosti rubaniny.

Model na obr.11 nabízí velký počet cest jak dosáhnout vyšší stupeň rozpojení. Ne všechny jsou stejně efektivní. Nejméně efektivní způsobem je zvyšovat jen měrnou nálož q , při W , $m = \text{konstanta}$, protože přitom budou prudce růst náklady na primární rozpojování. Pro řešení praktické úlohy $F = \text{konstanta}$ je nejefektivnější způsob zvyšovat hodnotu m za podmínky W . $a = \text{konstanta}$, tj. zmenšovat záběr a efektivně zvětšovat rozestup náloží při zachování $q = \text{konstanta}$ (postupovat shora dolů po vertikální přímce na obr. 11) a nálože rozmísťovat střídavě. V praxi to vede k mohoradovým odstřelům a k diagonálním roznětným schémam[1].

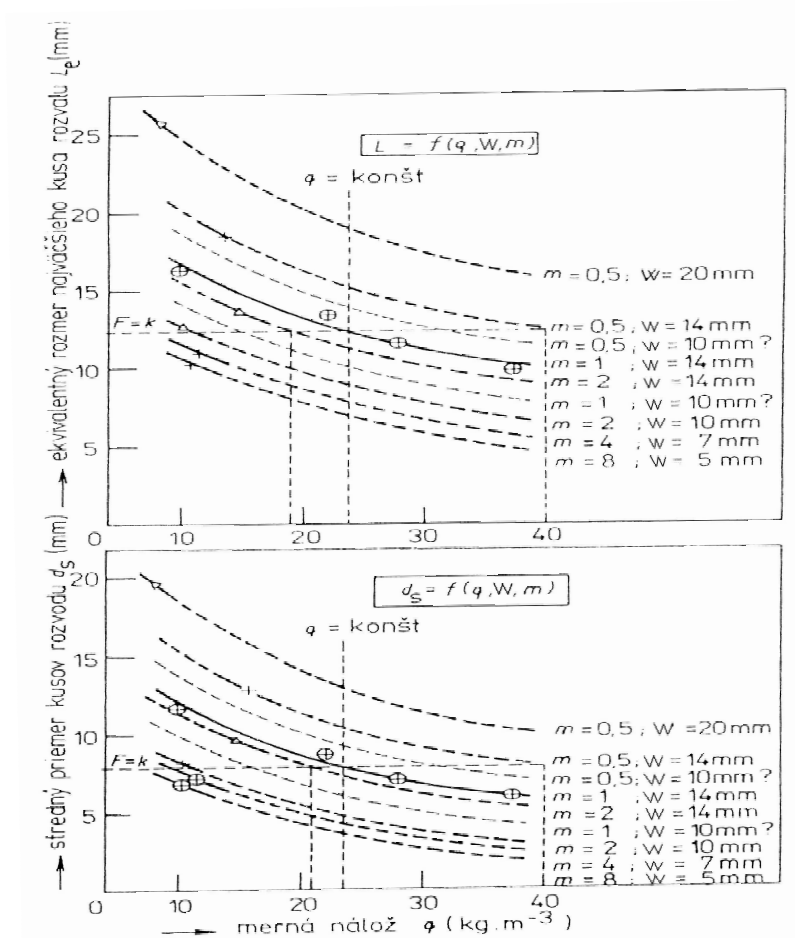
8.8 Optimální interval časování náloží

Optimální interval časování náloží je tehdy, když se maximálně využije energie výbuchu s minimálními vedlejšími škodlivými účinky výbuchu. Škodlivé vedlejší účinky výbuchu jsou: seizmické účinky, akustické účinky, rozlet rubaniny.

V mé práci se zabývám hlavně optimalizací kusovosti rubaniny, proto je třeba určit optimální interval časování s ohledem na tento parametr.

Jak je uvedeno v literatuře na úrovni současných poznatků, žádný optimální interval není možné vypočítat analyticky. Z hlediska kusovosti je však třeba stanovit optimální hodnotu τ . Obecně musí platit zásady, aby každá nálož působila tak, aby vytvořila maximální poloměr radiálních trhlin a vzápětí, aby se co nejvíce využila kinetická energie pohybujících se kusů na jejich dohrvování se mezi řadami.

Čili je třeba se vyhnout dvěma krajnostem a to, aby interval mezi řady nebyl tak velký, že masy horniny nebudou moci mezi řady kolidovat a na druhé straně, aby interval nebyl takový malý, že to bude zabraňovat nakypření horniny [1].



Obr. č. 11 Kvalitativní model fragmentace rubaniny $F = f(q, W, m)$: vliv měrné nálože, úsečky nejmenšího odporu a součinitel přiblížení náloží na stupeň rozpojení v homogenní laboratorní materiálu [1]

Analytickému výpočtu τ bylo věnováno mnoho prací. Jejich analýza ukazuje, že hodnota τ závisí na mnoha činitelech a to hlavně $\tau = f(\gamma_h, c, c_{tr}, q, W, a, m)$, kde γ_h je objemová hmotnost horniny, c_{tr} je rychlost vzniku radiálních trhlin. V případě, že se bere v úvahu pouze záběr, nebo rozteč a ostatní podmínky jsou konstantní $\tau(W)$, nebo $\tau(a)$ má lineární tvar formulován Janelidem pro záběry $W = 0,5$ až 8 ma pro $m \doteq 1$.

$$\tau = K \cdot W \text{ resp. } \tau = K_I \cdot a \text{ (ms)} \quad (8)$$

kde W - je záběr náloží (m)

a - je rozestup náloží (m)

K, K_I - jsou koeficienty závislé na vlastnostech horniny a počtu řad ($\text{ms} \cdot \text{m}^{-1}$) [1].

Podle literatury se doporučuje hodnota K pro 1. řadu vrtů $K = 4$ až 5 , pro 2. řadu vrtů $K = 5$ až 6 , pro další řady vrtů $K = 7$ až 8 . V závislosti na průměru vrtu $d = 32$ až 105 mm se doporučuje $\tau = 15$ až 25 ms a pro průměry vrtů $d = 150 - 350$ mm $\tau = 25$ až 75 ms. Protože při záběrech odpovídajících uvedeným průměrem je doba působení tlakové vlny na masiv 2 až 12 ms, každá nálož nebo skupina náloží působí samostatně [1]. Pokud $m \neq 1$, optimální interval se vypočítá jako $\tau(a)$, kde $K_1 = 2,5$ až 3 ms. m^{-1} rozteče náloží [1].

9. NÁVRH ŘEŠENÍ ZMĚN PARAMETRŮ Odstřelů V KAMENOLOMU LIETAVSKÁ SVINNÁ

Na základě zkušeností z dosavadních odstřelů v kamenolomu Lietavská Svinná, studia literatury a na základě reálných podmínek v kamenolomu navrhuji zabývat se změnou parametru m , změnou rozbušek z elektrických na neelektrické, časováním náloží v odstřelu (změnou roznětného schémata) a zvýšením počtu řad odstřelů.

9.1 Vliv záběru (W) na výskyt nadměrných kusů v rubanine v kamenolomu Lietavská Svinná

Z teorie je zřejmé, že záběr je jeden z parametrů, který je na podílu nadměrných kusů v rubanine velice důležitý, ale v reálné praxi při aplikaci na podmínky v kamenolomu Lietavská Svinná je omezen místními podmínkami, a to převýšením místa odstřelů a vzdáleností k technologické lince. Dalším omezením je typ vrtací soupravy Atlas Copco Roc L6 s ponorným kladivem a zvoleným průměrem vrtů 105 mm.

Podle literatury v hranicích pro záběry $W = 1,4$ až 15 m platí, že záběr W je úměrný průměru vrtu d .

$$W_{max} = 45 d \quad \text{a pro praktický záběr} \quad W \doteq 40 d. \quad [1]. \quad (1)$$

Při zvoleném průměru vrtu 105 mm vychází podle tohoto vztahu záběr $W = 4,72$ m. Tento záběr přibližně odpovídá i záběru, který je uváděn v GTP CO pro kamenolom Lietavská Svinná.

Uvedená vrtací souprava ATLAS COPCO byla zakoupena v roce 2008. Cementárna Lietavská Lúčka, a.s. má majoritního vlastníka firmu CALMIT, která se zabývá výrobou vápna. Firma CALMIT vlastní další tři kamenolomy (Margecany, Tisovec, Žirany). Vzhledem k optimalizaci nákladů byla vytypovaná vrtací souprava Atlas Copco Roc L6 (obr. 12), která vykonává vrtací práce v uvedených kamenolomech včetně kamenolomu Lietavská Svinná. Kvůli univerzálnosti pro všechny kamenolomy byl zvolen průměr vrtací korunky 105 mm a parametr záběru se přizpůsobuje průměru vrtu a místním podmínkám. Průměr vrtů 105 mm nejlépe vyhovuje ve všech kamenolomech CALMITU a v kamenolomu Cementárny Lietavská Lúčka, a.s. V kamenolomech firmy CALMIT je kladen důraz hlavně na to, aby v odstřelech vznikala co nejmenší podíl drobných frakcí,

protože rubanina se používá na výpal vápna a jemný podíl při výpalu vápna je nežádoucí. V těchto kamenolomech se nachází i vápenec s nižšími pevnostmi jako v kamenolomu Lietavská Svinná. V kamenolomu Lietavská Svinná se řeší opačný problém a to, aby v rozvalu bylo co nejvíce drobných frakcí, nakolik se vápenec používá na výrobu jemně mletých vápenců. Proto byl po různých pokusech zvolen průměr vrtů 105 mm.

Z předchozích řádků je jasné, že i přesto, že změnou záběru W se dá ovlivnit kusovost rubaniny, tato změna je limitována zvoleným průměrem vrtů a tím i náloží na 1 m vrtu.



Obr. č. 12 Vrtací souprava Atlas Copco Roc L6

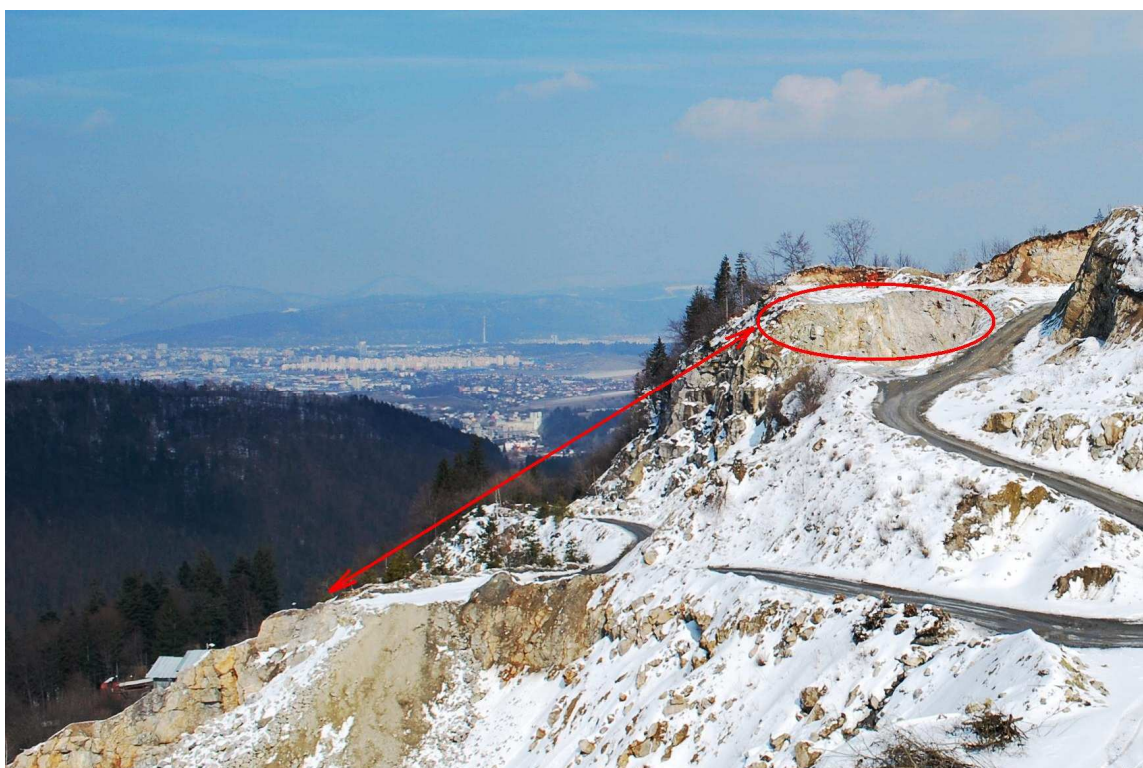
9.2 Změna součinitele přiblížení náloží (m)

Dobývací metoda by měla být bezpečná a co nejekonomičtější. Často ale musí být respektovány místní podmínky a ty jsou někdy v rozporu s ekonomikou. Konkrétně v kamenolomu Lietavská Svinná je ekonomika až na druhém místě. Na prvním místě je bezpečnost.

Na obrázcích č.13 a 14 jsou znázorněny omezení odstřelů v kamenolomu Lietavská Svinná. Místo současných odstřelů se nachází nad technologickou linkou, nakládací stanicí nákladní lanové dráhy a sociální budovou kamenolomu. Vodorovná vzdálenost od místa odstřelů je pouze 100 - 150 m a převýšení je cca 75 m. Z uvedeného vyplývá, že se klade velký důraz na přípravu odstřelů, neboť jakýkoliv nedostatek při přípravě a realizaci odstřelů může způsobit značné škody (např. při nežádoucím rozletu rubaniny při odstřelu).



Obr.č. 13 Letecký pohled na kamenolom se znázorněným místem odstřelů a technologií



Obr.č. 14 Pohled na kamenolom se znázorněným místem odstřelů a technologií

Hlavně kvůli bezpečnosti je třeba se zaměřit na parametry, které zmenšují kusovost rubaniny, ale nezvětšují rozlet. V reálných podmínkách kamenolomu Lietavská Svinná je to součinitel přiblížení náloží a časování odstřelu.

V tabulkách č.1 a 2 jsou uvedeny parametry odstřelů, které se používají v současnosti. Z nich vyplývá, že $W_{max} = 4,9$ m součinitel přiblížení náloží m byl zvolen jako 0,84. Pomocí tohoto parametru byl vypočítán rozstup náloží $a = 3,3$ m.

Na základě závislosti mezi parametry m , a , W jsem sestavil tabulku, která ukazuje jak se mění rozteč a a záběr W při různých hodnotách m v konkrétních podmínkách kamenolomu Lietavská Svinná. Tato tabulka je založena na znalostech, které jsou uváděny v literatuře, přičemž q , W , $a = konstanta$

Tabulka č. 4 Změna parametrů W a a v závislosti na změně parametru m

m	W	a	W , $a = konstanta$
0,84	4,9	4,1	20,09
1	4,5	4,5	20,09
1,2	4,1	4,9	20,09
1,4	3,8	5,3	20,09
1,6	3,5	5,7	20,09
1,8	3,3	6,0	20,09
2	3,2	6,3	20,09
2,2	3,0	6,6	20,09
2,4	2,9	6,9	20,09
2,7	2,7	7,4	20,09

V konkrétním případě kamenolomu Lietavská Svinná by se daly použít hodnoty m od 0,84 po 1,2 a tomu odpovídající změna záběru a rozteče vývrťů uvedené v tabulce č. 4. I když v literatuře se uvádí, že nejlepších výsledků se dosahuje při hodnotách m , které jsou vysoké, v kamenolomu Lietavská Svinná tyto hodnoty nelze použít z důvodu, že by vycházel velice malý záběr. Při velmi malém záběru (v případě $m = 2,7$ záběr W pouze 2,7 m) vzrůstá délka rozvalu a také rozlet rubaniny při velmi dobrých parametrech kusovosti rubaniny. Uvedený poznatek je sledovatelnosti z praxe a je uváděn i v literatuře [1].

Vzrůst délky rozvalu a zvýšený rozlet rubaniny ale nesplňuje podmínku pro kamenolom Lietavská Svinná, kde je nežádoucí aby se zvětšil rozlet a délka rozvalu. Z obrázků č. 13 a 14 vidět, že vzdálenosti k technologii a převýšení jsou příliš malé, aby se daly použít tyto hodnoty m i přesto, že ve směru na technologii je ponechán ochranný val, který bude odtěžen až po ústupu těžební fronty na větší vzdálenost a rozfáraní nové etáže. Navrhuji použít postupně při jednotlivých odstřelech hodnoty m od 1 až po hodnotu 1,2 a vyhodnotit kusovost odstřelu.

Další zvýšení hodnoty m lze dosáhnout změnou roznětné schémy. V literatuře se uvádí diagonální roznětná schéma, která byla zmíněna výše. Při ní se dá dosáhnout vyšší hodnota parametru m , využívá se efekt kolize kusů horniny mezi sebou bez zvýšeného rozletu rubaniny.

9.3 Změna roznětné schémy a časování náloží

Při změně roznětného schématu a časování náloží jsem vycházel z poznatků získaných z literatury a praxe, že nejefektivnější způsob jak zajistit dobrý výsledek rozpojování s minimalizací nežádoucích vlivů odstřelu je použít mnohorořadový odstřel a diagonální roznětnou schému.

9.3.1 V současnosti používaná schéma roznětu a časování náloží

V současnosti používaná schéma časování vychází ze stanovených parametrů vypočtených v GTP CO pro kamenolom Lietavská Svinná. Je pouze orientační, protože jednotlivé odstřely jsou časované podle momentálních podmínek v kamenolomu a uvážení TVO resp., ZTVO. V současnosti v kamenolomu převládají jednořadové a dvouřadé odstřely. Je to dáno hlavně velikostí kamenolomu a rozfáraním jednotlivých etází.

9.3.2 Navrhovaná změna schémy roznětu a časování náloží

Při návrhu změny roznětné sítě pro odstřely, při kterých by vznikl co nejmenší podíl nadměrných kusů jsem vycházel z poznatků získaných z literatury. Jedná se zejména o poznatky, které zmenšují kusovost rubaniny a dají se aplikovat na podmínky kamenolomu Lietavská Svinná.

Na základě poznatků o diagonálních schémach roznětu uvedených v kapitole 8.6 (diagonální roznětná schéma) a pomocí vzorců, které uvádí literatura jsem sestavil tabulku, kde jsou vypočteny různé hodnoty záběru a roztečí a při použití diagonálního roznětného schématu i hodnoty EW , Ea , Em - efektivní hodnoty záběru, rozteče a součinitele přiblížení náloží.

$$EW = a \cdot \sin \beta = 0,48 \quad (4)$$

$$Ea = W / \sin \beta = 2,92 \quad (5)$$

$$Em = E \cdot a / EW = 2,92 / 0,48 = 6 \quad (6)$$

$$EW \cdot E \cdot a = 0,48 \cdot 2,92 = 1,4 \quad (7)$$

Při výpočtu jsem použil hodnoty z tabulky č.4 změna parametrů W a a v závislosti na parametru m . Pro kamenolom Lietavská Svinná použiji pouze hodnoty m od 0,84 po 1,4, protože při vyšších hodnotách m je záběr příliš malý a hrozí vysoký rozlet rubaniny.

Tabulka č. 5 Srovnání skutečných parametrů rozpojování s efektivními parametry rozpojování při použití diagonální roznětné schémy náloží

m	0,84	1	1,2	1,4
W	4,9	4,5	4,1	3,8
a	4,1	4,5	4,9	5,3
β	31 °	27 °	23 °	20 °
EW	2,1	2,0	1,9	1,8
Ea	9,5	9,9	10,5	11,1
Em	4,5	4,87	5,49	6,13
$Ea \cdot EW = konst.$	19,95	19,8	19,95	19,98

V mém návrhu počítám s postupným použitím navržených parametrů u jednotlivých odstřelů a po zhodnocení kusovosti rubaniny třeba zvolit optimální parametry rozpojování.

9.3.3 Rozbušky

V současné době jsou v kamenolomu Lietavská Svinná nálože ve vrtech iniciované hlavně elektrickými rozbuškami DEM S a v letním období DEM SICCA. Výhodou elektrických rozbušek je příznivá cena a možnost kontroly roznětné sítě.

Elektrické rozbušky mají i nevýhody. Při větších odstřelech mají omezený počet časových stupňů. Rozbuška má být umístěna ve spodní části vrtu, ale hlavně při vápencových kamenolomech, a to je případ i Lietavské Svinné, hrozí nebezpečí pádu kamenů při nabíjení a tím i poškození přírodních vodičů rozbušky. V letních měsících, nebo v době bouřkového období se musí používat rozbušky se zvýšenou odolností DEM SICCA, kvůli riziku nežádoucího předčasného roznětu atmosférickou elektřinou.

Zmíněné nevýhody elektrických rozbušek (riziko poškození vodičů, nízká odolnost proti atmosférické elektřině a počet časových stupňů) se dají odstranit použitím neelektrických rozbušek. Daní je ale zvýšená cena. Výrobci doporučují při vrtech delších než 10 m použít na roznět dva kusy rozbušek na jeden vrt a je nutno ještě připočítat rozbušky, které vytvářejí roznětnou síť na povrchu.

V kamenolomu Lietavská Svinná je rozdíl při odstřelu, který má 50 vrtů **139 €** v neprospěch neelektrických rozbušek. Pokud vycházím z podkladů Cementárny Lietavská Lúčka, a.s. uvedený rozdíl zvýší cenu jedné rozpojení tuny o **0,0056 € .t⁻¹**. Tento nárůst ceny na 1 tunu je zanedbatelný a plně ho vyváží výhody, které přináší použití neelektrických rozbušek a to hlavně bezpečnost.

9.3.4 Zhodnocení navrhované změny parametrů odstřelů v kamenolomu Lietavská Svinná

Tak jak je zmíněno v kapitole 9.3.2, při návrhu a výpočtu nových parametrů odstřelů jsem se zaměřil na snížení kusovosti rubaniny, která vzniká při odstřelech vápence v kamenolomu Lietavská Svinná.

Parametry, které hlavně ovlivňují kusovost rubaniny v kamenolomu jsou:

- měrná spotřeba výbušnin q
- záběr W
- rozteč náloží v řadě (rozteč - přiblížení vrtů) a
- součinitel přiblížení náloží m
- vrtací schéma
- časování odstřelu

V tabulce č. 6 jsou použity parametry původně používané při odstřelech podle v současné době platného projektu odstřelů a zvýrazněny jsou parametry, které navrhuji změnit oproti původnímu projektu odstřelů.

Tabulka č. 6 Základní navrhované parametry odstřelu

Parametr	Symbol	Množství	Měrná jednotka
Koncentrace nálože	p	7,8	kg. m ⁻¹
Průměr vrtu	d	105	mm
Měrná spotřeba trhavin	q	0,378	kg. m ⁻³
Úsečka nejmenšího odporu	W_{max}	4,9 - 3,8	m
Součinitel přiblížení náloží	m	0,84 - 1,4	
Rozestup náloží v řadě	a	4,1 - 5,3	m
Vodorovná úsečka odporu - první řada	X	5,2 - 4,0	m
Vodorovná úsečka odporu - druhá a třetí řada	X_2, X_3	4,5 - 3,3	m
Svislá výška etáže	H	12-15	m
Úhel úklonu vrtu	a_v	70 °	°
Celková délka vrtu	L_c	17,4 - 17,1	m
Délka ucpávky	L_u	3,5	m
Délka nálože ve vrtu	L_n	13,9 - 13,6	m
Hmotnost sloupcové nálože	N_p	108 - 106	kg
Maximální celková nálož odstřelu	N_c	10 000	kg
Maximální počet vrtů		80	ks

9.3.5 Vrtací schéma

Na základě studia literatury a omezujících faktorů kamenolomu Lietavská Svinná navrhuji použít paralelní vrtací schéma se střídavým rozmístěním vrtů s počtem řad vrtů od 1 po 3. Parametry vrtání se stanoví s ohledem na aktuální stav lomové stěny v kamenolomu po jejím zaměření. Parametry záběrů a roztečí se použijí jako jsou uvedené v tabulce č. 6. Po provedení odstřelů se vyhodnotí stav fragmentaci rubaniny v odstřelu. Po statistickém vyhodnocení výskytu nadměrných kusů v rozvalu se přistoupí ke změně parametrů odstřelů. Na základě vyhodnocení jednotlivých odstřelů se zvolí optimální parametry W , a , m .

9.3.6 Roznětné schéma

Navrhuji použít diagonální roznětnou schéma, při níž jsou využívány všechny parametry, které přispívají k maximálnímu zdrobnutí rubaniny. Toto roznětné schéma pro kamenolom Lietavská Svinná jeví jako neoptimálnější. Zvolenou roznětnou schémou se dají ovlivňovat parametry odstřelu bez zvyšování nežádoucího rozletu rubaniny. Minimální rozlet rubaniny je v podmínkách kamenolomu velice důležitý vzhledem k převýšení terénu a vzdálenostem k technologii. V příloze č. 4 je znázorněné navrhované roznětné schéma s navrhovanými parametry pro kamenolom Lietavská Svinná.

9.3.7 Návrh na změnu rozbušek

Navrhuji použít neelektrické rozbušky systému Nonel, případně podobný systém od jiných výrobců. Hlavním důvodem jsou výhody těchto rozbušek, které jsem popsal výše oproti v současnosti používaným elektrickým. Vyšší cenu neelektrických rozbušek vyrovnávají jejich výhody a hlavně bezpečnost práce. Čas roznětu mezi jednotlivými náložemi, nebo soustavami náloží navrhuji v rozmezí od 17 ms po 23-25 ms. Tyto časy jsou zvoleny vzhledem k sortimentu neelektrických rozbušek, které nabízejí jednotlivý výrobci a dovozci trhavin. Časování náloží TVO provede podle aktuálního stavu lomové stěny a aktuálních podmínek v kamenolomu. Měla by být dodržena zásada vysvětlená ve vztazích

$$\tau = K \cdot W \quad \text{resp.} \quad \tau = K_I \cdot a \text{ (ms)} \quad (8)$$

kde W - je záběr náloží (m)

a - je rozestup náloží (m)

K, K_I - jsou koeficienty závislé na vlastnostech horniny a počtu řad ($\text{ms} \cdot \text{m}^{-1}$) [1].

Podle literatury se doporučuje hodnota K pro 1. řadu $K = 4$ až 5, pro 2. řadu $K = 5$ až 6, pro další řady $K = 7$ až 8. V závislosti na průměru vrtu $d = 32$ až 105 mm se doporučuje $\tau = 15$ až 25 ms [1].

Za použití vztahu (8) a vypočtených parametrů odstřelu uvedených v tabulce č. 6 pro kamenolom Lietavská Svinná potom vycházejí následné časy roznětu jednotlivých řad, resp. soustav náloží:

1. řada	od 19 ms	po 25 ms
2. řada	od 24 ms	po 29 ms
3. řada	od 30 ms	po 39 ms

Tyto vypočtené časy je třeba použít při časování odstřelu v kamenolomu Lietavská Svinná. Vyráběný sortiment rozbušek má odlišné časování, proto tyto vypočtené časy slouží jako orientační, ale třeba zohlednit tyto časy. Časy roznětu náloží by neměli být menší jako jsou uvedené výše.

10. TECHNICKO-EKONOMICKÉ A EKOLOGICKÉ ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ

Navržená změna parametrů odstřelů má za cíl hlavně snížit náklady na druhotné rozpojování nadměrných kusů rubaniny.

Druhotné rozpojování se provádí za pomoci hydraulického rozrušovacího kladiva Hordstahl umístěného na podvozku rypadla DH 411. Náklady na druhotné rozpojování se skládají z nákladů na provoz rypadla, údržbu a opravy rypadla, mzdové náklady strojníků a odpisy stroje. Celkové náklady na rozpojování v roce 2009 byly dle údajů Cementárny Lietavská Lúčka, a.s. **26.500 €**.

Z celkové těžby za rok 2009, která byla 186.000 t je 35.000 t nadrozměrných kusů. Jedná se o 18,8 % z celkové těžby. Náklady na 1 t druhotného rozpojení nadrozměrných kusů jsou pak 0,828 €. t^{-1} .

Cílem navrhovaného řešení je náklady snížit co nejvíce. V tabulce č. 7 je porovnání, jak by se daly snížit náklady na druhotné rozpojování při snížení podílu nadměrných kusů v rozvalu o určité %.

Skutečný podíl nadměrných kusů a tím i náklady na druhotné rozpojování se dají vyhodnotit až po provedení několika odstřelů a nastavení optimálních parametrů rozpojování. Z tohoto důvodu se dají případné náklady na druhotné rozpojování pouze odhadnout.

Tabulka č. 7 Porovnání nákladů na druhotné rozpojování při předpokládaném snížení nákladů v % oproti nákladům v r. 2009

	rok 2009	snížení výskytu batárov o 20%	snížení výskytu batárov o 30%	snížení výskytu batárov o 40%	snížení výskytu batárov o 50%	snížení výskytu batárov o 60%
Fixní náklady (€)	5.300	5.300	5.300	5.300	5.300	5.300
Variabilní náklady (€)	21.200	16.960	14.840	12.720	10.600	8.480
Celkové náklady (€)	26.500	22.260	20.140	18.020	15.900	13.780
Ekonomický přínos - (předpokládaná úspora za rok (€))		4.240	6.360	8.480	10.600	12.720

Údaje v tabulce jsou zpracovány za předpokladu, že těžba a také množství nadměrných kusů bude konstantní. Obecně ale platí, že náklady na tunu druhotného rozpojování jsou vyšší než náklady na tunu suroviny rozpojení primárním odstřelem. Potvrzují to i údaje z Cementárny Lietavská Lúčka, a.s., kde náklady na odstřel jsou 0,149 € na 1 t a náklady na druhotné rozpojení jsou 0,828 € na 1 t.

Cílem je snížení výskytu nadměrných kusů nejméně o 50%. Tehdy bude předpokládaná úspora už dost výrazná.

10.1 Ekologický přínos

Rypadlo DH 411, které se používá jako nosič hydraulického kladiva je poháněné dieselovým motorem. Rypadlo bylo vyrobeno v roce 1983. Je značně opotřebované a celkovému technickému stavu odpovídá i spotřeba PHM na jednu tunu rozpojení suroviny. Spotřeba nafty na jednu rozpojenou tunu suroviny je 0,536 l. t⁻¹. Přínos pro ekologii je hlavně ve snížení emisí, které vznikají při spalování nafty, ve snížení prašnosti, která vzniká při druhotném rozpojování. Další přínos pro ekologii je snížení hlukových emisí, které značně překračují hygienické limity. I z tohoto důvodu je pracoviště obsluhy rypadla

prohlášeno Regionálním úřadem veřejného zdravotnictví jako rizikové a zařazené do 4 rizikové kategorie.

Ekologický přínos je hlavně ve výše uvedených oblastech. Ekonomicky se ekologické přínosy dají vyhodnotit, ale to nebylo cílem mé práce.

11. VYHODNOCENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cíle mé práce stanovené na začátku se mi myslím podařilo splnit. Po studiu odborné literatury a podkladů poskytnutých Cementárnou Lietavská Lúčka, a.s. jsem vytipoval parametry odstřelu, které nejvíce ovlivňují kusovost rubaniny v odstřelu. Tyto parametry jsem následně aplikoval na podmínky kamenolomu Lietavská Svinná, přičemž jsem zohlednil omezující faktory místních podmínek. Po aplikování stanovených parametrů do praxe a zhodnocení ušetřených nákladů si myslím, že cíl stanovený na začátku práce - ušetřit 50% nákladů na druhotné rozpojování v porovnání se současným stavem je reálný.

12. ZÁVĚR

V mé diplomové práci jsem se zaměřil na oblast trhacích prací a to konkrétně na změnu parametrů clonových odstřelů v kamenolomu Lietavská Svinná, které se nejvíce podílejí na vzniku nadrozměrných kusů rubaniny. V kamenolomu Lietavská Svinná byl v minulosti instalován drtič nevhodné velikosti, což vidět i s přiloženého obrázku č. 4. V spojení s geologickými danostmi horniny a místem odstřelů, které omezují parametry odstřelů, vzniká v odstřelech značný počet nadrozěrných kusů rubaniny.

Myslím si, že řešení, které navrhuji, a to změnit parametry clonových odstřelů bude mít ekonomický přínos pro Cementárnu Lietavská Lúčka, a.s. Výsledky mé práce zásadně nemění používané postupy a schémata, které se dosud v kamenolomu Lietavská Svinná používaly (tím ani nezvyšují náklady), pouze jich upravují tak, aby byly efektivnější. Myslím si, že s jejich aplikací do praxe by neměl být problém.

Na závěr bych chtěl poděkovat organizaci Cementárna Lietavská Lúčka, a.s. za poskytnutí dostatečného množství odborných podkladů pro mou práci.

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Milanovi Mikolášovi, Ph.D. za konzultace a připomínky při zpracovávání mé diplomové práce.

LITERATURA

- 1 DOJČÁR, Ondrej. HORKÝ, Jiří. KOŘÍNEK, Róbert. *Trhacia technika* 1.vyd.Ostrava: VŠB Technická univerzita Ostrava, 1997. 282 s. ISBN 80- 7078-396- 6
- 2 KOTRBANEC, Juraj. MILCOVÁ, Ivana. *Plán otvárk, prípravy a dobývania pre dobývací priestor Lietavská Svinná na roky 2007 -2012.*
- 3 MOSKÁL, Michal. *Generálny technický projekt odstrelov pre lom Lietavská Svinná na roky 2007-2012.*
- 4 MÜNCNER, E. a kol. *Príručka pre strelmajstrov a technických vedúcich odstrelov.* 3. vyd. Banská Bystrica 2006 Slovenská spoločnosť pre vŕtacie trhacie práce 341s. ISBN 80- 968748- 4- 5

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. č.1 Situační mapa
- Obr. č.2 Celkový pohled na kamenolom
- Obr. č.3 Kusovost po odstřelu
- Obr. č.4 Batar v drtiči
- Obr. č.5 Vliv měrné nálože q na stupeň rozpojení, $F = f(q)$, v podmínkách laboratorního výzkumu v homogenním materiálu
- Obr. č.6 Model roztržitosti rubaniny $F = L_e = f(q, W)$: vliv měrné nálože a úsečky nejmenšího odporu na maximální kusy v rúbanine
- Obr. č.7 Vliv součinitele přiblížení náloží m na stupeň rozpojení, $F = f(m)$, v homogenním laboratorním materiálu za podmínek q, W . $a = konstanta$
1 - nálože rozmístěny v řadách střídavě, 2 - nálože rozmístěny v řadách za sebou
- Obr. č.8 Rozmístění vrtů a - střídavě, b - za sebou
- Obr. č.9 Příklad časování jednořadého clonového odstřelu.
1 až 5 postup detonací jednotlivých náloží. Šipky znázorňují hlavní směr rozletu rubaniny.
- Obr. č.10 Příklad diagonálního schématu roznětu náloží.
- Obr. č.11 Kvalitativní model fragmentace rubaniny $F = f(q, W, m)$: vliv měrné nálože, úsečky nejmenšího odporu a součinitel přiblížení náloží na stupeň rozpojení v homogenní laboratorní materiálu
- Obr. č.12 Vrtací souprava Atlas Copco Roc L6
- Obr. č.13 Letecký pohled na kamenolom se znázorněným místem odstřelů a technologií
- Obr. č.14 Pohled na kamenolom se znázorněným místem odstřelů a technologií

SEZNAM TABULEK

- Tabulka č.1 Základní parametry clonového odstřelu
- Tabulka č.2 Základní parametry clonového odstřelu - patní vrty
- Tabulka č.3 Porovnání nákladů na druhotné rozpojování s náklady na rozpojení odstřelem
- Tabulka č.4 Změna parametrů W a a v závislosti na změně parametru m
- Tabulka č.5 Srovnání skutečných parametrů rozpojování s efektivními parametry rozpojování při použití diagonální roznětné schémy náloží
- Tabulka č.6 Základní navrhované parametry odstřelu
- Tabulka č.7 Porovnání nákladů na druhotné rozpojování při předpokládaném snížení nákladů v % oproti nákladům v r. 2009

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č.1 Schéma jednoradového clonového odstrelu
- Příloha č.2 Schéma dvojradového clonového odstrelu
- Příloha č.3 Schéma trojradového clonového odstrelu
- Příloha č.4 Navrhované roznětné schéma s navrhovanými parametry pro kamenolom Lietavská Svinná.